

Estudi comparatiu de l'exploració d'un remolcador híbrid Diesel-elèctric respecte d'un remolcador Diesel

Treball Final de Grau



Facultat de Nàutica de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya

Treball realitzat per:
África Cubero López

Dirigit per:
Victor Fuses Navarra

Grau en Enginyeria en Sistemes i Tecnologia Naval

Barcelona, 10 d'octubre del 2018

Departament d'Electricitat



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH
Facultat de Nàutica de Barcelona



Agraïments

En primer lloc, vull donar les gràcies al meu tutor del Treball, en Victor Fuses, per guiar-me durant tot el camí i sobretot per ajudar-me en la resolució dels problemes que han anat sorgint.

També donar les gràcies a l'empresa REBARSA, propietària dels remolcadors del Port de Barcelona. Però sobretot agrair l'ajuda al cap de manteniment, en Manuel Romero per concedir-me la visita en varis remolcadors i per facilitar-me tota la informació necessària sobre el *Montbrío*.

Per últim, però no menys important, valorar la paciència i el suport dels meus pares i amics, que han estat al meu costat des del principi.

Resum

Durant la última dècada les energies renovables han experimentat un augment en l'aplicació del món naval. L'energia eòlica i solar són les energies més aplicades fins a dia d'avui, més utilitzades per a la càrrega de bateries de serveis.

Actualment es mira més enllà i es busquen energies alternatives per a substituir els combustibles fòssils que s'utilitzen per a la propulsió de vaixells. Energies respectuoses amb el medi ambient i rendibles a l'hora de competir en preu amb els combustibles fòssils.

Un altre factor que m'ha fet decantar per aquest treball és l'expansió que s'està produint entorn a les hibridacions de les embarcacions marines.

La idea inicial del treball va ser el dimensionament i definició de la planta propulsora híbrida d'un dels remolcadors del Port de Barcelona. Aprofundint en el tema, vaig decidir variar una mica el tema del treball, ja que la modificació total d'un sistema ja existent provoca molts canvis en l'estabilitat i altres aspectes, dificultant encara més la realització dels càlculs.

La idea que finalment s'ha dut a terme és l'estudi de com afectaria en els aspectes tècnics el canvi en els sistemes de propulsió i generació d'energia la conversió d'una propulsió dièsel-mecànica a una propulsió híbrida. Per una banda s'ha escollit un remolcador híbrid existent i s'ha estudiat el seu sistema de propulsió i els seus modes d'operació. A partir d'aquí seguint una part de la idea inicial, prenent de referència el remolcador Montbrió, del Port de Barcelona, s'ha realitzat un estudi aplicant el sistema de propulsió híbrid del model escollit. S'han estudiat la incorporació dels nous equips i les millores que s'obtidrien.

Abstract

During the last few decades, renewable energies have started to be applied in the naval sector.

Nowadays, wind power and solar energy are the most used energies. Mostly used for the loading of batteries of services.

Currently, specialists are looking for new alternative energies to substitute fossil fuels, used for boat propulsion. Energies that respect the environment and also able to compete with the prices of fossil fuels.

Another aspect that has made me decide to go ahead with this project is the expansion of the hybridization of the marine vessels.

The initial idea was to develop the dimensions and definition of the propeller hybrid plant of one of the tugboats of the Barcelona Port. Going deeper in the subject, I finally focused the project in other aspects, as I believed that the total modification of one existing system, leads in many changes in the stability, making it much more difficult the realization of the calculations.

So finally, I decided to go ahead with the study of how would affect, technically speaking, the changes in the propulsion systems and energy generation the conversion of one mechanic-diesel propulsion to one hybrid propulsion.

On the one hand, I have chosen one tug and conducted a study about its propulsion system and its modes of operation. Taking it from here, and taking as reference the tug Montbrió of the Barcelona Port, and following the original idea, a further study has been developed applying the propulsion hybrid systems of the chosen model. I have also studied the incorporation of the new equipment and the improvements that will be obtained from those.

Índex

AGRAÏMENTS	III
INTRODUCCIÓ	IV
ABSTRACT	V
ÍNDEX	VI
ÍNDEX DE FIGURES	VIII
ÍNDEX DE TAULES	IX
1. EVOLUCIÓ HISTÒRICA	10
2. TIPUS DE REMOLCADORS I FUNCIONS	11
2.1 SEGONS LES FUNCIONS	11
2.1.1 REMOLCADORS DE LLUITA CONTRA INCENDIS	11
2.1.2 REMOLCADORS DE SALVAMENT	11
2.1.3 REMOLCADORS DE LLUITA CONTRA LA CONTAMINACIÓ	12
2.1.4 REMOLCADORS D'ESCORTA	12
2.2 SEGONS LA ZONA ON OPERIN	12
2.2.1 REMOLCADORS COSTANERS I DE PORT	12
2.2.2 REMOLCADORS PER A CANALS, RESCLOSES I DICS	13
2.2.3 REMOLCADORS D'ALTURA	13
2.2.4 REMOLCADORS PER A TERMINALS DE CRU	13
2.3 SEGONS EL TIPUS DE PROPULSIÓ	14
2.3.1 A PROA: REMOLCADORS TIPUS TRACTOR	14
2.3.2 A POPA	16
2.4 MANERES D'OPERACIÓ	18
2.4.1 TIR DIRECTE	18
2.4.2 TIR INDIRECTE	18
3. SISTEMES HÍBRIDS	20
3.1 QUÈ SÓN?	20
3.1.1 CONFIGURACIÓ HÍBRIDA EN PARAL·LEL	20
3.1.2 CONFIGURACIÓ HÍBRIDA EN SÈRIE	21
3.1.3 BENEFICIS DE LA HIBRIDACIÓ	22
3.1.4 EXEMPLES DE VAIXELS	23

4. REMOLCADOR D'ESTUDI: MONTBRIÓ	30
4.1 DESCRIPCIÓ DEL REMOLCADOR	30
4.2 CARACTERÍSTIQUES DEL CASC	31
4.3. MOTORS PRINCIPALS	32
4.4. MOTORS AUXILIARS	35
4.4. SISTEMA DE PROPULSIÓ	36
5. REMOLCADOR MODEL: ZUIDERZEE	38
5.1 DESCRIPCIÓ DEL REMOLCADOR	38
5.2 CARACTERÍSTIQUES DEL CASC	40
5.3 MOTORS PRINCIPALS	41
5.4 ANÀLISI DEL MOTOR ELÈCTRIC	44
5.5 AUXILIARS DE PROPULSIÓ	46
5.6 MODES D'OPERACIÓ	46
6. BALANÇ ELÈCTRIC	52
6.1 CONSUMIDORS	53
6.2 RESULTATS OBTINGUTS	54
7. PROPOSTA DE SISTEMA HÍBRID	55
8. ESTUDI ECONÒMIC	57
9. CONCLUSIONS	58
9.1 LÍNIES FUTURES DE TREBALL	59
BIBLIOGRAFIA	60
ANNEX 1. DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA REMOLCADOR MONTBRIÓ	62
ANNEX 2. FITXES TÈCNIQUES DEL MOTORS	63
ANNEX 3. BALANÇ ELÈCTRIC REMOLCADOR MONTBRIÓ	64

Índex de figures

FIGURA 1. REMOLCADOR AMB PROPULSIÓ A PROA	14
FIGURA 2. REMOLCADOR AMB PROPULSIÓ A POPA	16
FIGURA 3. TOVERA TIPUS KORT	17
FIGURA 4. REMOLC AMB TIPUS DIRECTE (A) I INDIRECTA (B)	18
FIGURA 5. ESQEMA DE LA CONFIGURACIÓ HÍBRIDA EN PARAL·LEL	21
FIGURA 6. ESQEMA DE LA CONFIGURACIÓ HÍBRIDA EN SÈRIE	22
FIGURA 7. REMOLCADOR MARIA ZAMBRANO	24
FIGURA 8. VAIXELL MULTI PROPÒSIT SKANDI COMMANDER	24
FIGURA 9. DIAGRAMA UNIFILAR PROPULSIÓ ELÈCTRICA DEL SKANDI COMMANDER	25
FIGURA 10. VAIXELL MULTI PROPÒSIT SKANDI MONGSTAD	25
FIGURA 11. DIAGRAMA UNIFILAR PROPULSIÓ ELÈCTRICA DEL SKANDI MONGSTAD	26
FIGURA 12. ESQUEMA DEL SISTEMA PROPULSIU DEL BORGØY	27
FIGURA 13. ESQUEMA DEL SISTEMA PROPULSIU DEL MS STAVANERF JORD	28
FIGURA 14. ESQUEMA DEL SISTEMA PROPULSIU DEL EDDA FERD	29
FIGURA 15. REMOLCADOR MONTBRIÓ	30
FIGURA 16. DETALL DEL MOTOR PRINCIPAL DEL MONTBRIÓ	32
FIGURA 17. CORBA DE TREBALL DEL MOTOR DIÈSEL BERGEN TIPUS C DE ROLLS ROYCE, MODEL C25:33L8 P	34
FIGURA 18. DETALL DEL MOTOR AUXILIAR DEL MONTBRIÓ	35
FIGURA 19. SISTEMA PROPULSIU DEL MONTBRIÓ	36
FIGURA 20. DETALL DEL PROPULSOR AZIMUTAL DEL MONTBRIÓ	37
FIGURA 21. PERCENTATGE DE REDUCCIÓ DE LES EMISSIONS I DEL COMBUSTIBLE EN SISTEMA PROPULSOR HÍBRID	38
FIGURA 22. REMOLCADOR ZUIDERZEE	39
FIGURA 23. ESQUEMA DEL SISTEMA PROPULSIU HÍBRID DEL ZUIDERZEE	41
FIGURA 24. MOTOR DE COMBUSTIÓ PRINCIPAL DE ZUIDERZEE	41
FIGURA 25. GENERADOR DIÈSEL DE ZUIDERZEE	42
FIGURA 26. MOTOR ELÈCTRIC DE ZUIDERZEE	42
FIGURA 27. PROPULSOR AZIMUTAL DE ZUIDERZEE	43
FIGURA 28. MODULACIÓ DEL PARELL ENTRE UN MOTOR DIESEL I L'HÈLIX	44
FIGURA 29. CORBA DE POTÈNCIA-VELOCITAT DE GIR D'UN MOTOR ELÈCTRIC	45
FIGURA 30. MODES D'OPERACIÓ DEL REMOLCADOR DE ZUIDERZEE	46
FIGURA 31. OPERACIÓ DE CONNEXIÓ A PORT	47
FIGURA 32. OPERACIÓ DE MODE EN ESPERA	48
FIGURA 33. OPERACIÓ DE NAVEGACIÓ LLIURE	49
FIGURA 34. OPERACIÓ DE REMOLC	50
FIGURA 35. OPERACIÓ DE LLUITA CONTRA INCENDIS	51

Índex de taules

TAULA 1. CARACTERÍSTIQUES DEL CASC, REMOLCADOR <i>MONTBRIÓ</i>	31
TAULA 2. CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS PRINCIPALS, REMOLCADOR <i>MONTBRIÓ</i>	33
TAULA 3. CARACTERÍSTIQUES DELS MOTORS AUXILIARS, REMOLCADOR <i>MONTBRIÓ</i>	36
TAULA 4. CARACTERÍSTIQUES DEL CASC, REMOLCADOR <i>ZUIDERZEE</i>	40
TAULA 5. CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES DEL PROPULSOR AZIMUTAL	43
TAULA 6. RESULTATS OBTINGUTS EN CADA SITUACIÓ DE CONSUM	54
TAULA 7. BALANÇ TOTAL DE POTÈNCIES	54
TAULA 8. ESTUDI ECONÒMIC	57

1. Evolució històrica

L'ús de remolcadors es remunta a l'època dels vaixells de vela. En els seus orígens era un bot de remos la missió del qual era l'ajuda a les zones de difícil accés per a vaixells que no gaudien d'una bona capacitat de maniobra. Més endavant, al segle XIX, els remolcadors van evolucionar i es van elaborar dissenys específics de bots als quals se'ls dotava d'una màquina de vapor accionada mitjançant pales. Posteriorment l'hèlix s'empraria com a propulsor.

Amb el descobriment del motor dièsel s'obre una nova era, es comença a emprar en aquest tipus de vaixells, el que li fa passar a ser considerat com un petit vaixell convencional que té una gran potencia per a la seva grandària, amb la qual remolcava als grans vaixells emprant la seva força sobre aquests mitjançant un ganxo fix amb els quals aquests s'unien mitjançant un cap que aportava el vaixell a remolcar.

Passada la meitat del segle XX, l'evolució del remolcador es produeix gràcies a l'aplicació del sistema propulsor Voith. Actualment podem classificar els remolcadors en funció del seu sistema propulsor, així com la disposició dels mateixos, de tal manera tenim:

- Propulsió a proa (tractor).
- Propulsió a popa.

L'existència dels remolcadors està més que justificada, tant des de l'antiguitat, com en l'actualitat, a causa de la importància del comerç marítim mundial, per la qual cosa l'activitat dels ports és elevada i és necessària l'activitat de remolca en molts dels casos. D'altra banda, els recents desastres naturals que s'han produït justifiquen l'existència no només d'aquest vaixell com a remolcador, sinó també amb altres funcions essencials per a la preservació del medi ambient (remolcadors de lluita contra la contaminació), així com en cas d'accidents i incendis produïts en el propi vaixell (remolcadors contra incendis, remolcadors que compten amb hospital,...).

2. Tipus de remolcadors i funcions

Els remolcadors es poden classificar en tres grans grups:

- Segons els funcions.
- Segons la zona on operin.
- Segons el tipus de sistema propulsor.

2.1. Segons les funcions

2.1.1. Remolcadors de lluita contra incendis

Aquest tipus de remolcadors ha d'estar capacitat per poder arribar al lloc sinistrat el més aviat possible. Han d'estar dotats de mitjans que permetin una bona visibilitat des del pont. Per això, i a causa de les altes temperatures que es poden arribar a aconseguir, els cristalls de les finestres han de ser resistents al foc i comptar amb cortines d'autoprotecció.

No només les finestres hauran de comptar amb materials que resisteixin altes temperatures on operaran, també serà molt important que el remolcador posseeixi un sistema d'autoprotecció per a aquestes zones. També serà vital que l'existència d'hidrocarburs i plàstics surant a la zona no afectin a cap moment al bon funcionament dels sistemes de circulació i refrigeració dels motors principals. A causa dels llargs períodes en espera en que hauran de treballar els equips convé que estiguin dissenyats amb tals capacitats i característiques. Aquest tipus de remolcadors haurà de disposar d'una gran capacitat de maniobra excel·lent, de manera que asseguri la seva capacitat de resposta en el pitjor escenari possible.

2.1.2. Remolcadors de Salvament

Com les tasques que van a desenvolupar són de vital importància, requereixen que el temps emprat a arribar al lloc de l'accident sigui el menor possible per si hi hagués vides en perill.

Per aquest propòsit, es caracteritzen per tenir una gran velocitat en marxa lliure, d'una gran capacitat de maniobrabilitat i de defenses per poder abarloar-se a qualsevol vaixell amb facilitat. També compten amb un petit hospital on sigui possible atendre als possibles ferits i d'una zona d'enlairament d'helicòpter per si fos necessari realitzar evacuacions d'urgència.

2.1.3. Remolcadors de Lluita contra la Contaminació

Podem parlar de dos tipus principals, segons tinguin tancs d'emmagatzematge i concentració d'abocaments o no.

Els primers comptaran amb tancs on puguin emmagatzemar els abocaments que s'hagin realitzat al mar. Per a la recollida de tals abocaments i neteja de la zona hauran de comptar amb mitjans per al deixat anar de barreres, maneig i posicionament dels skimmers, així com de tangons per poder utilitzar dispersants o elements físics o químics que facin més fàcil la lluita contra la contaminació.

Els segons comptaran amb els mateixos mitjans anteriors, però sense tancs on emmagatzemar els abocaments.

2.1.4. Remolcadors d'escorta

Els remolcadors d'escorta s'encarreguen d'acompanyar als grans vaixells o a aquells que puguin haver sofert algun dany, fallada, avaria o accident produït per fallades humanes, fallades de la propulsió o govern, o fins i tot per causes externes com el vent o corrents, per minimitzar les ocasions d'encallades o col·lisió, amb la finalitat de conservar la integritat del vaixell, el medi ambient i les possibles vides humanes posades en joc.

Per tot l'anterior, aquests remolcadors han de tenir un temps de resposta mínim en cas que haguessin de posicionar-se en la proa i per si haguessin de llançar o recollir caps que li permetin controlar al vaixell en situacions delicades.

En resum, han d'estar dotats d'una grandíssima maniobrabilitat. També serà de vital importància que el remolcador compti amb una visibilitat adequada i un bon sistema de comunicació.

2.2. Segons la zona on operin

2.2.1. Remolcadors Costaners i de Port

D'acord amb el reglament de SEVIMAR els remolcadors es classifiquen en el Grup III existint dues classes, la Classe S pels de port i la Classe T pels que surten a la mar. No obstant això, a l'hora de decidir la construcció d'un remolcador, en la majoria dels casos, s'opta per construir-lo perquè sigui vàlida tant per a port com per a mar, seguint les normes reglamentàries.

Aquestes normes de caràcter internacional es regulen per l'Estat i per tant són d'obligat compliment i la seva aplicació és controlada per l'Administració Marítima i la Societat de Classificació.

No obstant això, en alguns casos es decideix prèviament quin serà el seu ús futur perquè això reduiria la despesa econòmica. En el cas del remolcador de port, les exigències reglamentàries són menors que en els remolcadors costaners i per tant menor la seva inversió.

Definim el remolcador de port com aquell que s'encarrega de facilitar l'entrada i sortida dels vaixells, remolcant-los i ajudant-los a maniobrar. Des de fa anys, aquests remolcadors es dissenyaven segons les característiques del port al que prestaven els seus serveis, així com en funció de la potència i el tipus de propulsor. Tenint en compte totes aquestes característiques s'estudia el disseny amb la mínima eslora i calat possible perquè treballi amb major eficiència. Els remolcadors costaners són similars, encara que amb majors exigències, les quals ho encareixen.

2.2.2. Remolcadors per a Canals, Rescloses i Dics

Tenen unes característiques molt similars als remolcadors de port i costaners, però en tenir zones especials de treball, també compten amb limitacions físiques especials.

2.2.3. Remolcadors d'Altura

El concepte de remolcador d'altura és el que més s'acosta al vaixell convencional. Un dels punts més importants a tenir en compte en el seu disseny és la tracció, així com també el tipus de navegació a efectuar. Gràcies a aquestes dues característiques el remolcador assegura el remolc fins i tot en condicions meteorològiques adverses. Quan la potència necessària supera els 3500 HP, es dissenya el remolcador amb dos propulsors.

Dins d'aquest tipus de remolcadors podem incloure aquells que es dediquen a escortar o acompanyar als grans petrolers, els LNG, etc, en els seu recorregut per rieres, Canals i en alguns ports. També podem incloure dins d'aquest tipus als vaixells que atenen a plataformes petrolíferes, també coneguts com a vaixells Supply.

2.2.4. Remolcadors per a Terminals de Cru

Guarden una gran similitud amb els remolcadors de port, només que en aquest cas aquest remolcadors operaran en zones amb abocaments.

2.3. Segons el tipus de propulsió

Segons la ubicació de la propulsió podem trobar els següents tipus de remolcadors:

- A PROA: Remolcadors tipus tractor
 - Voith Schneider
 - Azmutal
- A POPA:
 - Azimutal
 - Convencional
 - Empenyedor
 - Mixt

2.3.1. A PROA: Remolcadors tipus tractor

El remolcador tractor es pot definir com un remolcador amb propulsió governable 360º, els equips del qual estan instal·lats sota el casc a un terç des de proa. Sobre la coberta principal, a popa, es situa un gire de remolc de capacitat i frenat de fins a tres vegades la tracció del remolcador. El conjunt indicat permet una gran maniobrabilitat per actuar en llocs de poc espai i tirar o empenyer en una operació ràpida.

El govern dels propulsors i motor principals es realitzen per mitjà de comandaments independents de cada equip propulsor, situats en el Pont de Govern.

El tractor treballa sempre amb el cap a popa. En això es diferencia del disseny convencional (ASD), que en un port treballa sempre amb el cable/cap a proa i en el remolc d'altura amb el cable del gire de popa.

La velocitat del tractor marxa enrere és, aproximadament, el 95% de la velocitat marxa avant.



Figura 1. Remolcador amb propulsió a proa.

Entre els remolcadors tractors, es distingeixen dos tipus segons la propulsió emprada:

1) *De propulsors epicicloïdals*

Més coneguts com Voith Schneider. Aquest tipus de propulsors s'aplica al remolc portuari des de l'any 1950, encara que la idea neix l'any 1926. Consisteix en pales disposades verticalment i que giren sobre un eix variable també vertical seguint una trajectòria circular, la qual cosa permet el desplaçament del buc en totes les adreces.

El principal avantatge d'aquest tipus de propulsor és la maniobrabilitat i una major vulnerabilitat que les hèlixs convencionals o amb tovera. Com a inconvenient podríem dir que el rendiment és menor.

Aquestes característiques la fan especialment adequada per als remolcadors de port, entre d'altres:

- Es situen els dos propulsors Voith (VSP) a un terç de la proa.
- Poden ser de pas variable o de pales orientables, això permet treballar a rpm constants la qual cosa implica un manteniment menor i per tant, menys avaries.
- Propulsen (palanques) i governen (volant) el tractor. Les palanques controlen l'embranchida longitudinal (marxa avant i enrere, passant sempre per zero quan canvia de signe), permetent treballar a cada propulsor de manera independent, tot i que en maniobres sempre treballen en paral·lel. El volant controla l'embranchida transversal, les barres de comandament o control de tots dos propulsors van rígidament unides, de manera que treballin tots dos propulsors conjuntament amb un únic govern.
- Control de comandament mecànic. En cas de caiguda de la planta elèctrica, el remolcador pot seguir operant mentre els motors funcionin.
- Sistema de propulsió redundant, és a dir, implica un alt grau de seguretat del remolcador i per al vaixell assistit. Un sistema redundant és el que actua almenys, duplicant-se a si mateix, de manera que en cas de fallada d'una unitat, el sistema segueix actuant igual, encara que amb menor intensitat.
- L'eix de gir en l'evolució permet prendre el cap a proa i sortir-se de la mateixa sense perill, sense donar amb la seva popa en el casc del buc.

2) *De propulsors azimuthals*

Els propulsors azimuthals són coneguts com Schottel, encara que hi ha més fabricadors. En aquest tipus de remolcadors, el propulsor és una hèlix de tovera l'eix motriu de la qual és vertical, la qual cosa permet el gir del conjunt a manera de timó.

2.3.2. A POPA

➤ Remolcadors amb propulsió azimuthal a popa

Aquest tipus de propulsió s'assembla al remolcador de dues hèlixs, no obstant això, amb aquest tipus de propulsió es millora la maniobrabilitat. Per la col·locació dels propulsors a popa i el ganxo de remolc a proa. Aquests remolcadors normalment tiren o empenyen amb la proa del vaixell, encara que poden remolcar per la popa i pel costat. Les prestacions equivalen a la suma d'un remolcador convencional i d'un empenyedor.

Les formes de popa i l'estructura han de modificar-se de manera que puguin albergar el propulsor i suportar els esforços del timó tovera. Normalment s'instal·len dos propulsors que poden orientar-se de forma independent.

Els avantatges d'aquest remolcador són:

- Augment de la maniobrabilitat per a la mateixa capacitat de tir.
- Mínim augment del calat a popa enfront dels convencionals.
- Bon comportament navegant donant enrere.
- Possibilitat de treballar amb tir indirecte.

Aquest tipus de propulsió s'utilitza en remolcadors de port de gran potència.



Figura 2. Remolcador amb propulsió a popa.

➤ Remolcadors convencionals

Els sistema de propulsió està format per una o més hèlixs convencionals situades a popa i unides a la maquinària principal mitjançant un eix rígid. El ganxo de remolc se situa el més a proa possible, tenint en compte que com més a proa es col·loqui major serà l'efectivitat del remolc, però l'estabilitat disminueix. Per millorar la maniobrabilitat i la seguretat solen incorporar dues hèlixs, encara que poden portar només una. Amb la finalitat d'augmentar la capacitat de remolc s'instal·len hèlixs en tovera. Les més importants són les toveres Kort que

consisteixen en una tovera al voltant de l'hèlix de manera que s'incrementi la velocitat de l'aigua que hi ha entorn del propulsor, augmentant així els seu rendiment.

Amb els temps, el remolcador convencional s'ha anat dissenyant reduint l'eslora i augmentant la màniga i el puntal, a fi de poder instal·lar major potència de màquines, hèlix de pas variable, tovera giratòria tipus Kort amb timó fix, etc, per aconseguir major estabilitat, tracció i maniobrabilitat.

Solen tractar-se de remolcadors destinats a:

- Maneig d'àncores en plataformes petrolíferes.
- Suport a plataformes offshore.
- Remolcadors d'altura i salvament.

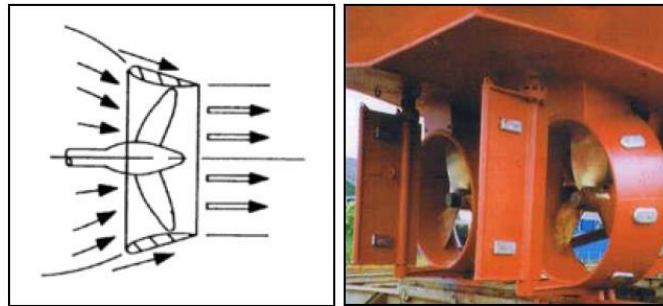


Figura 3. Tovera tipus Kort.

➤ Remolcadors tipus empenyedor

El remolcador empenyedor és el contrari al remolcador tipus tractor. Els propulsors estan situats a popa i el gire de remolc a proa. Remolquen des de proa sense necessitat de posicionar-se de nou. Al igual que els tipus tractor, la estabilitat de l'empenyedor es veu afectada pels esforços hidrodinàmics quan es genera el tir directe, i la posició dels propulsors.

➤ Remolcadors mixts

El remolcador mixt combina la propulsió amb hèlix convencional i una hèlix azimuthal a proa. Aquesta segona s'incorpora per millorar la maniobrabilitat i pot augmentar el tir a punt fix de 2 a 6 tones si s'orienta cap a popa. Aquesta solució s'ha incorporat en remolcadors convencionals ja construïts, ja que la incorporació d'un hèlix a proa no supera importants modificacions.

2.4. Maneres d'operació

Les modalitats de remolc més usades en l'actualitat es divideixen segons el tipus de tir utilitzat.

2.4.1. Tir directe

El remolc de tir directe és aquell en el qual el tir efectiu sobre el vaixell remolcat recau directament en la potencia desenvolupada pel motor del remolcador. Per aconseguir l'increment de la potencia de tir dins d'aquesta modalitat és precís desenvolupar una major potencia dels motors, la qual cosa implica un major desplaçament del vaixell i una reducció notable de la seva maniobrabilitat. És la forma d'operació més comuna. S'aplica a baixes velocitats (menys de 5 nusos) ja que segons augmenta la velocitat la major part de la potencia s'utilitza per mantenir al remolcador en la seva posició, disminuint el tir dràsticament fins a anul·lar-ho, en aquest cas s'usa el mètode indirecte.

2.4.2. Tir indirecte

El remolc per tir indirecte aprofita la potencia subministrada pel motor juntament amb la força hidrodinàmica de l'aigua sobre el casc, regulant la potencia resultant amb l'angle de la força de tir del remolc.

El remolcador se situa a popa del vaixell a remolcar i tots dos es posen a la mateixa velocitat d'avanç, entre 5 i 10 nusos. El tir es produeix quan el remolcador se situa al costat i en un angle d'atac apropiat, relatiu al flux d'aigua, generant un gran esforç sustentador hidrodinàmic en l'obra viva del remolcador. Els propulsors en aquesta manera només s'usen per mantenir la posició obliqua del remolcador, per maximitzar la força sustentadora.

Amb aquest tipus de mètode, el tir és capaç de suportar grans esforços gràcies al sumatori de tres forces: la hidrodinàmica, la propulsora i la de tir del remolcador. Aquesta última s'aconsegueix mantenint al remolcador en un cert angle respecte la línia de remolc i el vaixell remolcat.

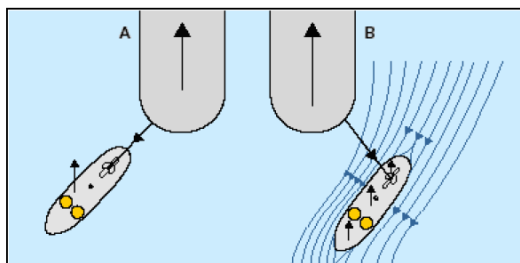


Figura 4. Remolc amb tipus directe (A) i indirecte (B).

La diferencia principal entre tos dos tipus de remolc està en l'aprofitament de les forces hidrodinàmiques produïdes sobre el casc del remolcador i la velocitat relativa de l'aigua, que produeix un increment del tir proporcional al quadrat de la velocitat del remolcador.

Durant el desenvolupament de les operacions de remolc, l'augment de potència del tir indirecte provoca grans esforços sobre les línies de remolc, aquesta característica fa necessària la incorporació d'un element nou. S'incorpora una guia que obliga a la línia de remolc a passar per ella. Aquesta guia està situada entre el gigre i el vaixell remolcat i constitueix el punt més feble de la línia de remolc, ja que és en aquest punt on es produeixen els majors esforços.

En conclusió, el tir indirecte és el millor mètode per ajudar al vaixell a realitzar girs quan el vaixell remolcat no es capaç de fer-ho. També s'apliquen en els vaixells parats, en espais limitats i al final de la maniobra d'atracada per aproximar-se al moll, quan ja no disposem d'espai entre el remolcador i el vaixell per poder tirar.

3. Sistemes híbrids

3.1. Què són?

Un sistema híbrid es defineix com una mescla de diferents conjunts de components interrelacionats o enllaçats entre ells, amb l'objectiu de complir amb una funció específica. En el cas de la propulsió i, en concret en aquest projecte, els recursos d'energia provenen del combustible i de l'electricitat emmagatzemada en bateries. Aquest tipus de sistema es crea per la necessitat de la millora en l'estalvi de combustible i d'augmentar la potencia dels sistemes.

En grans vaixells, diferents generadors dièsel s'encarreguen de generar la electricitat i mitjançant un controlador es transmet als motors elèctrics. L'energia sempre prové del combustible.

La combinació de les dues fonts es pot realitzar de dos tipus, segons l'ús per al qual estiguin dissenyats:

- Configuració híbrida en paral·lel
- Configuració híbrida en sèrie

3.1.1. Configuració híbrida en paral·lel

La configuració híbrida en paral·lel és quan el parell del motor elèctric es suma al parell creat pel motor de combustió.

Una de les avantatges d'aquesta configuració és gràcies al motor elèctric, el qual ofereix la seva potencia en l'acceleració des de la primera rpm i en situacions on el motor de combustió es troba oferint la seva màxima potencia.

Un dels punts més importants a l'hora del disseny de la planta propulsora amb un sistema híbrid, és el desplaçament del vaixell. Al sumar-se les potències dels dos motors les dimensions d'aquests poden ser més reduïdes i per tant es redueixen els costos. Encara que els costos es veuen més reduïts utilitzant la configuració en sèrie.

Com a inconvenient d'aquest tipus de configuració tenim la escassa llibertat que presenta en quan a la disposició dels elements, és a dir, es requereix disposar-los de manera successiva per a un bon funcionament. Això és causat perquè els dos motors comparteixen el mateix eix de moviment de la hèlix.

Existeixen diferents recursos per a la generació d'electricitat en la configuració en paral·lel:

- Plaques solars
- Molins eòlics
- Grups electrògens

- Alternadors
- De la mateixa hèlix si el vaixell navega a vela

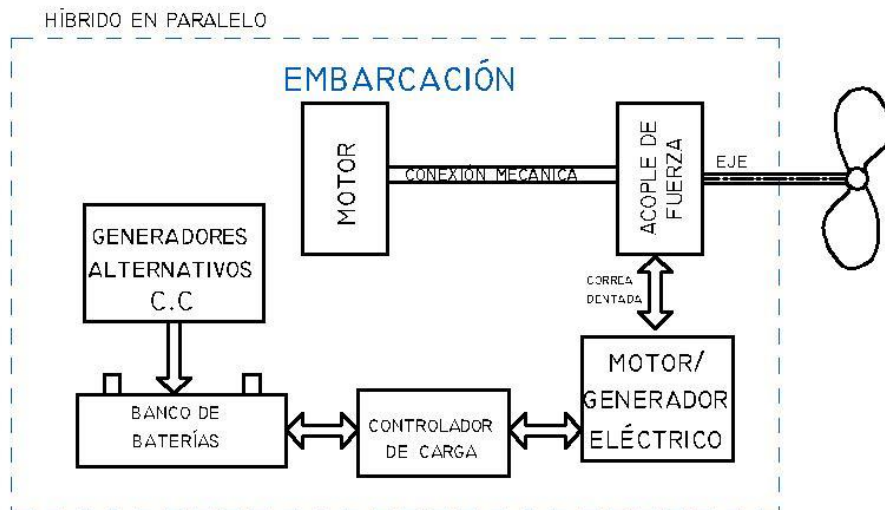


Figura 5. Esquema de la configuració híbrida en paral·lel.

3.1.2. Configuració híbrida en sèrie

En aquest tipus de configuració la propulsió la produeix únicament el motor elèctric. El motor de combustió es l'encarregat de generar l'energia mecànica que es converteix en energia elèctrica a través d'un generador, per alimentar el motor directament o carregar les bateries.

En el cas de realitzar la navegació totalment de manera elèctrica no es necessitarien més bateries per obtenir la capacitat total. El sistema de gestió activaria el motor de combustió per generar energia elèctrica i proveir el motor elèctric. Aquesta és una de les avantatges d'aquest tipus de configuració.

Una altra de les avantatges és el treball de cada motor. Al no compartir el mateix eix, cada motor treballa a un règim de voltes diferents. Obtenint així un règim constant per al motor de combustió, traduït en una reducció del combustible i de les emissions.

Existeixen diferents recursos per a la generació d'electricitat en la configuració en sèrie:

- Plaques solars
- Molins eòlics
- Grups electrògens
- Combinació dels recursos anteriors

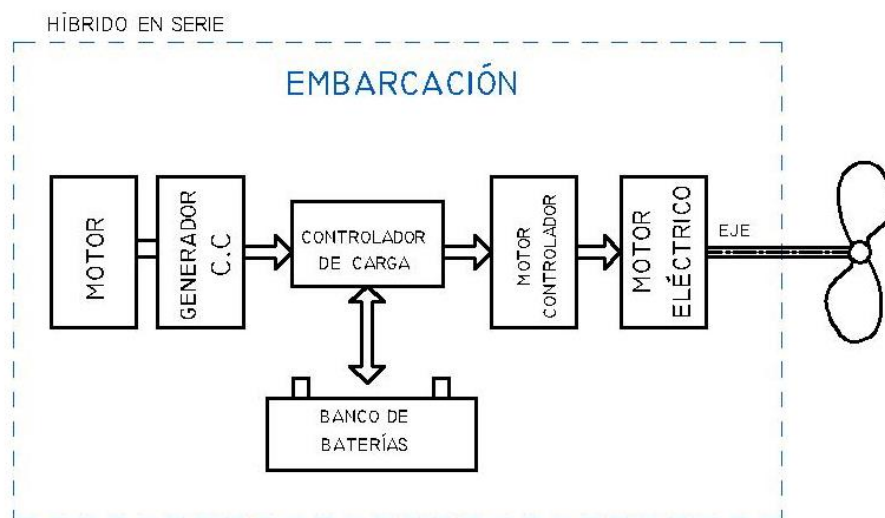


Figura 6. Esquema de la configuració híbrida en sèrie.

3.1.3. Beneficis de la hibridació

- Menor consum de combustible: la optimització del sistema es tradueix en reduir les rpm del motor al mateix temps que es mantenen el voltatge i la freqüència. Això dóna com a resultat un considerable estalvi de combustible i la reducció de NO_x i CO_2 .
- Operacions flexibles: el generador d'eix també actua com a motor elèctric. Com a motor pot operar sol, i al treball amb el motor de combustió obté més opcions d'energia.
- Selecció del motor de propulsió optimitzada: aquest sistema té la capacitat de canvi de manera fàcil i ràpida entre la generació i la motorització. Hi han cinc opcions: mode boost, mode dièsel, mode paral·lel, mode desplaçament i mode connexió a terra.
- Major vida útil del motor i menor manteniment: reducció de les hores de funcionament on els propulsors i els motors elèctrics estenen la seva vida i, es redueix el manteniment i els costos operatius.
- Major confort a bord: menys sorolls i vibracions amb la reducció de les revolucions del motor i les hores de funcionament.
- Redundància millorada: el sistema de propulsió segueix funcionant inclús si el motor de combustió falla.

3.1.4. Exemples de vaixells

3.1.4.1. Remolcador amb propulsió dièsel mecànica - remolcador tradicional

Dins d'aquest apartat s'inclouen pràcticament tots els remolcadors que hi ha en l'actualitat, ja que els remolcadors que presenten propulsions híbrides són encara una excepció. Encara que cada vegada, amb més freqüència, es comencen a dissenyar vaixells amb aquesta configuració de propulsió, ja que posseeixen nombrosos avantatges i són molt adequats per a camps de treball concrets.

Independentment del tipus d'hèlix que utilitzin, ja sigui a través d'un eix, azimuthals o cicloïdals (més coneguts pel seu nom comercial com propulsors Voith), tots necessiten d'una transmissió mecànica. Generalment s'utilitzen motors de dos temps per als remolcadors amb hèlix convencional i motors de quatre temps per als azimuthals i els Voith. Atès que el primer d'ells està en desús, no hi ha constància que es construeixin remolcadors que no portin sistemes Voith o azimuthals.

Com a exemple, a continuació es descriu el funcionament d'un d'aquests vaixells, com és el remolcador "**MARIA ZAMBRANO**" amb una propulsió Voith. Pertany a la propietat de Salvament Marítim i operat per l'empresa pública Remolcs Marítims María Zambrano, que opera en el Golf de Cadis. Aquest remolcador és un dels set de la classe María de Maeztu, que es van construir arran de l'enfonsament del petrolier "PRESTIGE" l'any 2002. Ja que durant les labors de remolc i la posterior retirada de l'abocament, es van haver de llogar remolcadors per complir amb la tasca. Els set van ser constituïts en la drassana de Boluda.

El **MARÍA ZAMBRANO** és un remolcador d'altura amb una eslora de 39,7 metres i una màniga de 12,5 metres. Té una capacitat de tir de 60 tones i pot navegar a 12,7 nusos a màxima potencia. Aquesta potencia és subministrada per dos motors Dièsel marins de la marca **ABC (ANGLOBELGIAN CORPORATION)** model 8MDZC-1000-175 A, de 8 cilindres en línia i 4 temps. Treballant a 1000 rpm té una potència de 1852kW. El seu règim de treball va des de les 450 a 1000 rpm amb un consum de 193g/kWh.

El remolcador té dos propulsors azimuthals model SCHOTTEL tipus SRP 1215 CP. Els mateixos reben la potència dels motors principals en un rang de 450 o 1000 rpm d'entrada i la transmeten a les hèlixs a un règim d'entre 135 i 300 rpm. Poden giren 360º governats hidràulicament, i l'hèlix va allotjada a l'interior d'una tovera de pas variable, augmentant progressivament tant en pas com en revolucions a mesura que es necessita embranzida. El propi propulsor porta integrada una reductora amb una relació de 3,582/1.



Figura 7. Remolcador MARÍA ZAMBRANO.

3.1.4.2. Remolcador o vaixells multipropòsit híbrids dièsel-elèctrics amb o sense bateries.

En aquest apartat es troben els remolcadors híbrids més comuns actualment, no solament remolcadors sinó també vaixells multi propòsit i ferris. Diferenciem els vaixells en dues categories dièsel-elèctrics amb o sense bateries, i gas natural-elèctrics amb o sense bateries.

A més es poden tenir remolcadors que no tenen una propulsió híbrida, només tenen propulsió elèctrica, uns generadors elèctrics generen electricitat per moure el vaixell i per a serveis. Un exemple, és el vaixell de suport a plataformes "**SKANDI COMMANDER**", que compta amb quatre generadors elèctrics, accionats per motors de combustió interna, de 1270KVA de potència aparent, 690V de tensió i una freqüència de 60 Hz.



Figura 8. Vaixell multi propòsit SKANDI COMMANDER.

El corrent elèctric s'envia a un quadre de propulsió refrigerat per aigua, de la marca SIEMENS, model C6. A través d'uns convertidors de freqüència s'envia a les hèlixs de proa i als azimuthals de propulsió. Els motors dels azimuthals, són dues unitats, tenen una potència de 1470kW i els motors de les dues hèlixs transversals de proa 800kW, també s'utilitza per moure els motors de les bombes de la sala de màquines. A més d'enviar-se a uns transformadors que passen la tensió a 230V per a la resta d'equips de màquines, pont i acomodació.

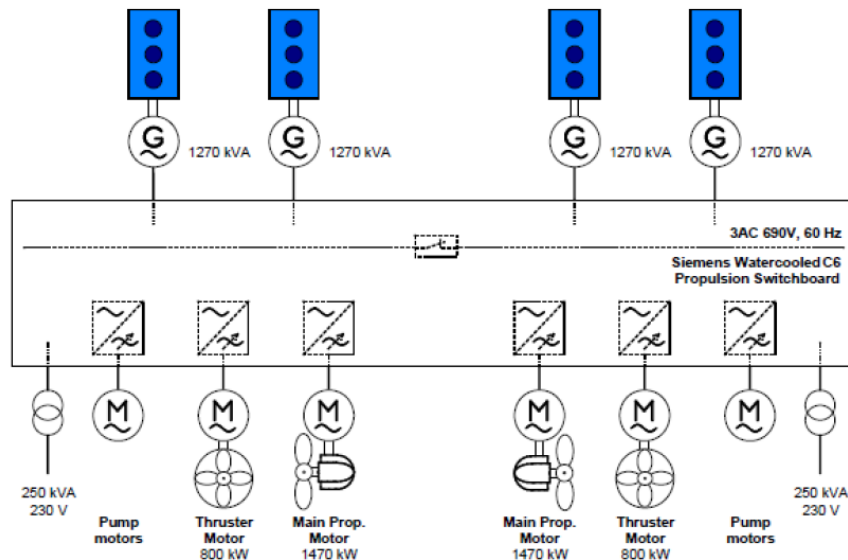


Figura 9. Diagrama unifilar propulsió elèctrica del SKANDI COMMANDER.

3.1.4.3. Dièsel-elèctrics amb o sense bateries

En aquest tipus trobem el vaixell multi propòsit "**SKANDI MONGSTAD**", propietat de l'empresa noruega **DOF ROSTEIX**.



Figura 10. Vaixell multi propòsit SKANDI MONGSTAD.

Compta amb dos eixos de cua accionats per dos motors, que alhora mouen l'hèlix, amb una potència aparent 3600kVA cadascú. A més posseeix dos generadors auxiliars amb una potència aparent de 1617kVA cadascun, tant els auxiliars com els eixos de cua produeixen una tensió de 690V i 60Hz. Ambdues parelles d'equips transfereixen el corrent a un quadre equipat amb convertidors de freqüència. Després de passar pels convertidors, la corrent s'utilitza en els equips amb els tres azimuthals, el de proa, babord i estribord, amb una potència de 1200kW. A més dels motors de les dues hèlixs, tenen incorporats el transversal de proa de 880kW i el transversal de popa de 590kW.

També estan els dos motors que mouen les bombes d'aigua salada que alimenten els canons de les FI-FI, amb una potència de 2000kW cadascun. Finalment estan els transformadors que transformen la tensió de 690V a 230V o 440V per als serveis de la sala de màquines, del pont i de l'acomodació. Aquests transformadors estan protegits amb filtres THD, per evitar la distorsió harmònica, que és quan apareixen freqüències múltiple de la freqüència i l'amplitud de la qual va decreixent segons augmenta el múltiple.

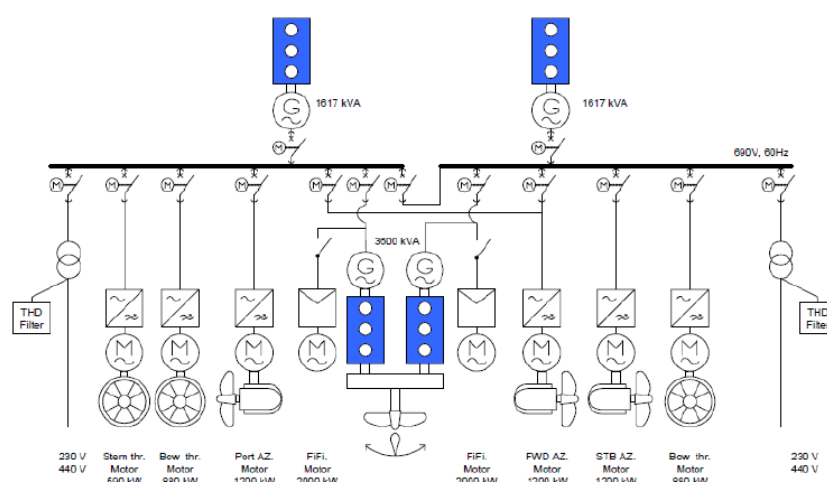


Figura 11. Diagrama unifilar propulsió elèctrica del SKANDI MONGSTAD.

Aquesta configuració li permet operar de moltes formes, pot operar solament amb els generadors auxiliars o solament amb els eixos de cua, dependrà d'en quina situació es trobi el vaixell a cada moment. No es tindrà el mateix consum d'energia si el buc està amarrat a port, on pot ser que amb un generador elèctric sigui suficient, o quan està navegant per acudir a un servei, on es necessària tota la seva potència, els dos auxiliars i els dos eixos de cua.

3.1.4.4. Gas natural-elèctrics amb o sense bateries

Referent als vaixells que poden usar gas natural com a mitjà de propulsió, cal destacar que dins de l'ús del gas natural es podria donar una variant utilitzant també el dièsel com a combustible. Això vol dir que s'hauria d'instal·lar un motor que pugui treballar amb els dos combustibles, dual-fuel, com ja utilitzen alguns vaixells encarregats del transport de gas.

La implantació del gas natural com a combustible requereix d'unes mesures de seguretat molt importants, a part de que s'hauria de modificar el disseny de tot el vaixell. Ja existeixen diferents vaixells que funcionen amb gas natural o que tenen previst condicionar els seus equips.

Per exemple, el primer remolcador del món a usar gas natural és el "**BORGOY**", el qual només utilitza el gas per a la propulsió. Per a la generació elèctrica el remolcador utilitza generadors dièsel. Aquest remolcador és de l'empresa noruega *Bukser*, té dos motors desenvolupats per *Rolls Royce* amb una potència de 3410kW a 1000 rpm. Aquests motors van acoblats a dos azimuthals. Respecte a les emissions, aquests motors contribueixen a la seva disminució ja que les emissions de CO₂ disminueixen en un 26% i les NO_x es redueixen en un marge de 80-90%.

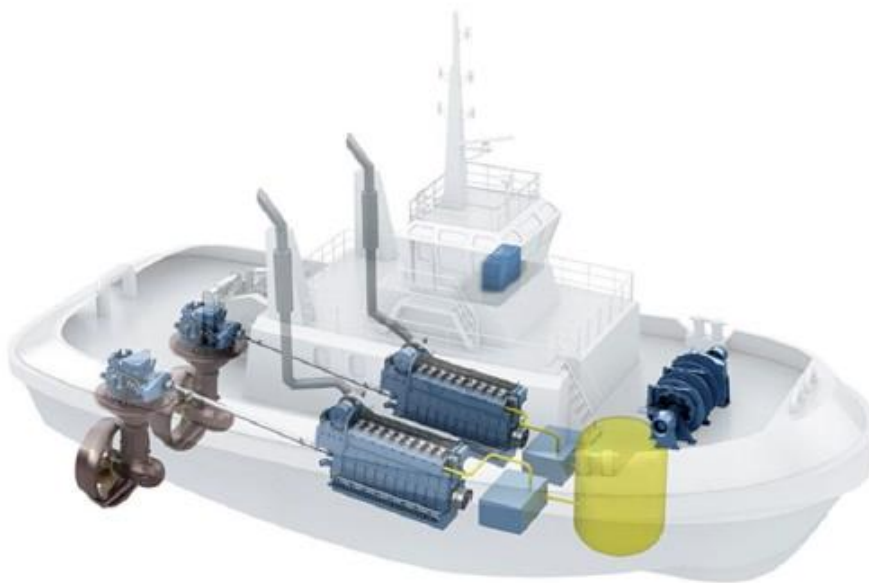


Figura 12. Esquema del sistema propulsiu del BORGGOY.

Hi ha nombrosos ferris que utilitzen el gas natural per a la propulsió com per exemple el ferri "**MS STAVANERF JORD**", que utilitza quatre motors produint cadascun 5,6MW. El gas natural està emmagatzemat a proa dels motors en dos tancs bessons de 296m³.

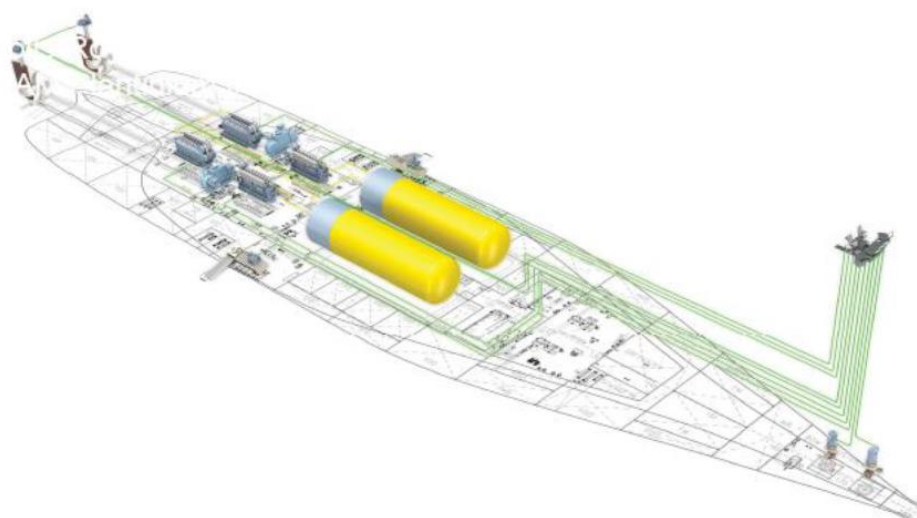


Figura 13. Esquema del sistema propulsiu del MS STAVANERF JORD.

3.1.4.5. Vaixells multi propòsit híbrids dièsel-elèctrics però a velocitat variable

Actualment existeixen dos vaixells amb aquesta característica, el "**DINAR STAR**" i el "**EDDA FERD**", tots dos no són remolcadors sinó que són dos vaixells multi propòsit. Aquest tipus de vaixells s'encarreguen de proveir a les plataformes marítimes, subministren tots els materials necessaris, queviures i realitzen canvis de tripulació de la plataforma, també poden fer feines de remolc o de rescat.

A causa de les nombroses funcions que realitzen poden necessitar estar en un mateix punt, sense moure's ni desviar-se, per poder realitzar la tasca encomanada. Per això generalment van equipats amb un sistema anomenat *Posicionament Dinàmic*, que els permet mantenir-se en aquest punt, a causa d'aquesta característica són molt adequats per utilitzar una propulsió híbrida.

Amb el pas del temps, la tecnologia ha anat avançant i l'empresa SIEMENS va crear els convertidors de freqüència Masterdrive i Bluedrive. Aquests convertidors s'utilitzen en vaixells híbrids on els generadors elèctrics treballen a unes revolucions constants generant corrent alterna. L'empresa SIEMENS ha desenvolupat nous convertidors els Bluedrive Plus C, els quals permeten la generació elèctrica a velocitats variable.

El "**EDDA FERD**" és un vaixell multi propòsit de l'empresa noruega *OSTENSJO*. És el primer vaixell del món a utilitzar una generació elèctrica a velocitat variable. Per això disposa de dos generadors elèctrics SIEMENS de 2222kW i altres dos de 3333kW. Aquests equips produeixen l'electricitat que el vaixell necessita per a la propulsió i per als serveis a bord. Compta amb dos azimuthals per a la propulsió, amb una potència de 2700kW de la marca *Schneider*. A més té tres hèlixs transversals de proa per a les maniobres. Dos d'elles, les més grans, tenen una potència de 1400kW i estan dissenyades per reduir les vibracions i, la més petita té una potència de 800kW.

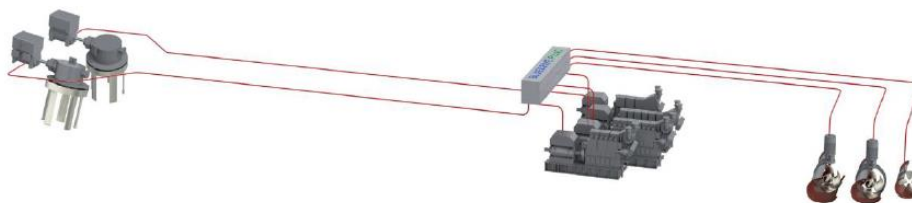


Figura 14. Esquema del sistema propulsiu del EDDA FERD.

La principal particularitat d'aquest vaixell multi propòsit són els convertidors de freqüència que li permeten generar electricitat a velocitat variable, sent una novetat al món marítim. Els convertidors permeten variar la velocitat de cada motor independentment, variant així la quantitat d'electricitat produïda, permetent així el consum en cada moment.

4. Remolcador d'estudi: Montbrió

4.1. Descripció del remolcador

El remolcador Montbrió, juntament amb el seu bessó el remolcador Montfort, va ser constituït al País Basc per les Drassanes Zamakona, i lliurat a Remolcador de Barcelona S. A. en el mes de juliol de 2007, després de gairebé un any de construcció.

Es tracta d'un remolcador de 77 tones de tir preparat per donar servei en alta mar (remolc i assistència marítima) i en el port (operacions de maniobra d' atraqui i desatraqui de bucs). Ofereix també serveis contra incendis amb monitors d'aigua escumeja així com serveis de contenció d'hidrocarburs contaminants (Oil Recovery). Va ser projectat per aconseguir la màxima eficàcia en les operacions de maniobra d' atraqui de bucs, amb la màxima simplicitat de maneig de tal forma que pugui ser atès amb un mínim de tripulació, formada per 1 patró, 1 mariner i 1 mecànic. El fet de tenir una popa buidada i una àmplia visibilitat des del pont de govern, faciliten al màxim la seguretat i l'eficàcia de maniobra. Per això s'han disposat finestres en tot el contorn del pont, inclòs en el sostre.

El remolcador Montbrió és un remolcador d'altura, és a dir, no té limitació per distància de navegació ni per zones. El seu ús bàsicament és com a remolcador de port però quan es dona l'ocasió també realitza remolcs fora de port. També està equipat amb els dispositius necessaris per a la lluita contra incendis i la lluita contra la contaminació, com poden ser barreres anticontaminació i canons d'aigua.



Figura 15. Remolcador MONTBRIÓ.

L'equipament bàsic de qualsevol remolcador és la maquineta de remolc, en aquest cas es tracta d'una maquineta IBERCISA preparada per suportar les 77 tones de tir a punt fix.

El cap de remolc està format per dos caps, l'extrem de remolc que es dona al buc anomenat "punter", està preparat per suportar les rascades i friccions pròpies d'aquest tram. El segon tram és un cap més fi però de la mateixa resistència, això és així per complir amb el requeriment de longitud del cap de remolc dins de la maquineta.

4.2. Característiques del casc

El remolcador Montbrió és del tipus anomenat tractor, aquest tipus de remolcadors es caracteritzen per tenir el sistema de propulsió en la proa i consisteix en dues hèlixs de toveres azimuthals.

Amb aquest tipus d'esquema de propulsió s'aconsegueixen guanyar maniobrabilitat a costa de calat, a causa que les toveres sobresurten generosament de la quilla.

Nom	Montbrió
Registre	Barcelona
Pavelló	Espanyol
Any de construcció	2007
Drassana	Zamacona
Armador	Rebarsa
Eslora total	28,80 m
Eslora de flotació	28 m
Manga màxima	11 m
Puntal	4 m
Calat màxim	6,8 m
Arquejo brut	386 GT
Potència de MMPP	4800kW
Velocitat	12 kn
Societat de classificació	Germanischer Lloyd's

Taula 1. Característiques del casc, remolcador MONTBRIÓ.

4.3. Motors principals

El remolcador Montbrió està equipat amb dos motors principals de cicle Dièsel, de quatre temps, marca Bergen tipus C de Rolls Royce, model C25:33L8 P, no reversibles, els quals desenvolupen una potència de 2.400kW (3.265 BHP) cadascun treballant a 1.000 rpm. Tots dos motors són d'arrencada pneumàtica i estan refrigerats per aigua dolça en circuit tancat mitjançant la instal·lació de boxcoolers de NRF.

Es tracta d'un motor Dièsel ràpid amb sobrealimentació per turbocompressor i injecció mecànica directa. El motor està governat per un regulador de velocitat mecànic, on li arriba la senyal del pont per via pneumàtica.

El motor està preparat únicament per utilitzar gasoil com a combustible. Està equipat amb un refredador d'aire d'admissió de dues etapes, controlat per un PID.

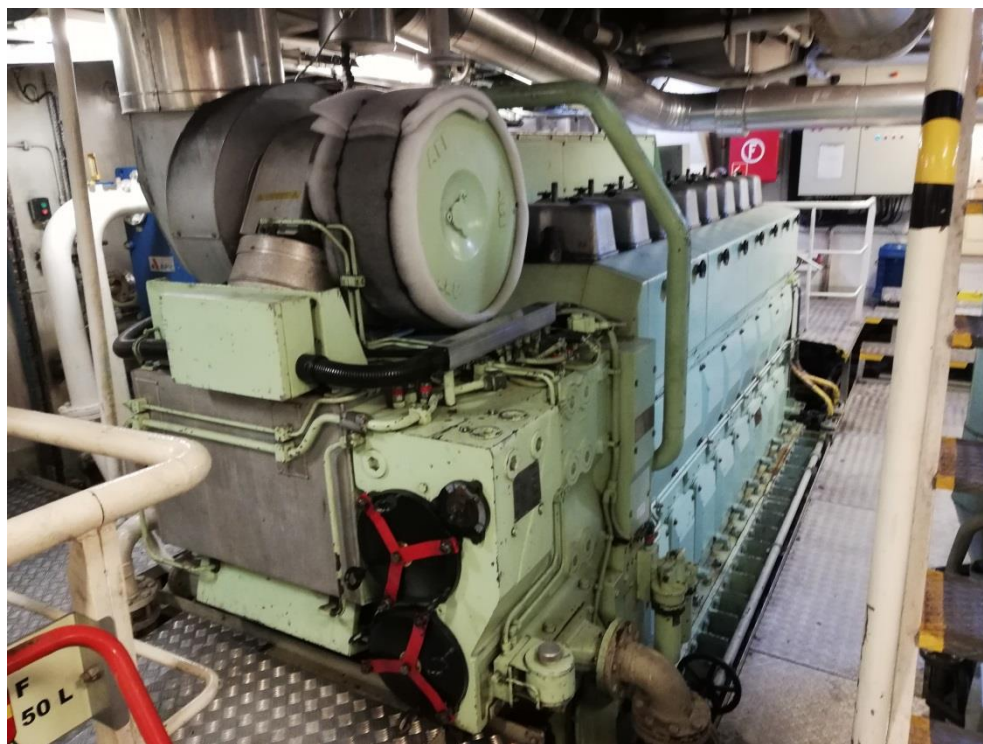


Figura 16. Detall del motor principal del MONTBRIÓ.

Les característiques principals són:

Nombre de cilindres	8
Carrera de cilindres	330 mm
Diàmetre de cilindres	250 mm
Potència màxima contínua	2395kW
Pressió efectiva	22,2 bar
Velocitat de gir contínua	1000 rpm
Velocitat contínua de pistó	11 m/s
Relació de compressió	16:1
Pressió de injecció	450 bar
Consum específic efectiu (25%)	240,6 g/kWh
Consum específic efectiu (50%)	207,2 g/kWh
Consum específic efectiu (75%)	198,2 g/kWh
Consum específic efectiu (100%)	193,8 g/kWh

Taula 2. Característiques dels motors principals, remolcador MONTBRIÓ.

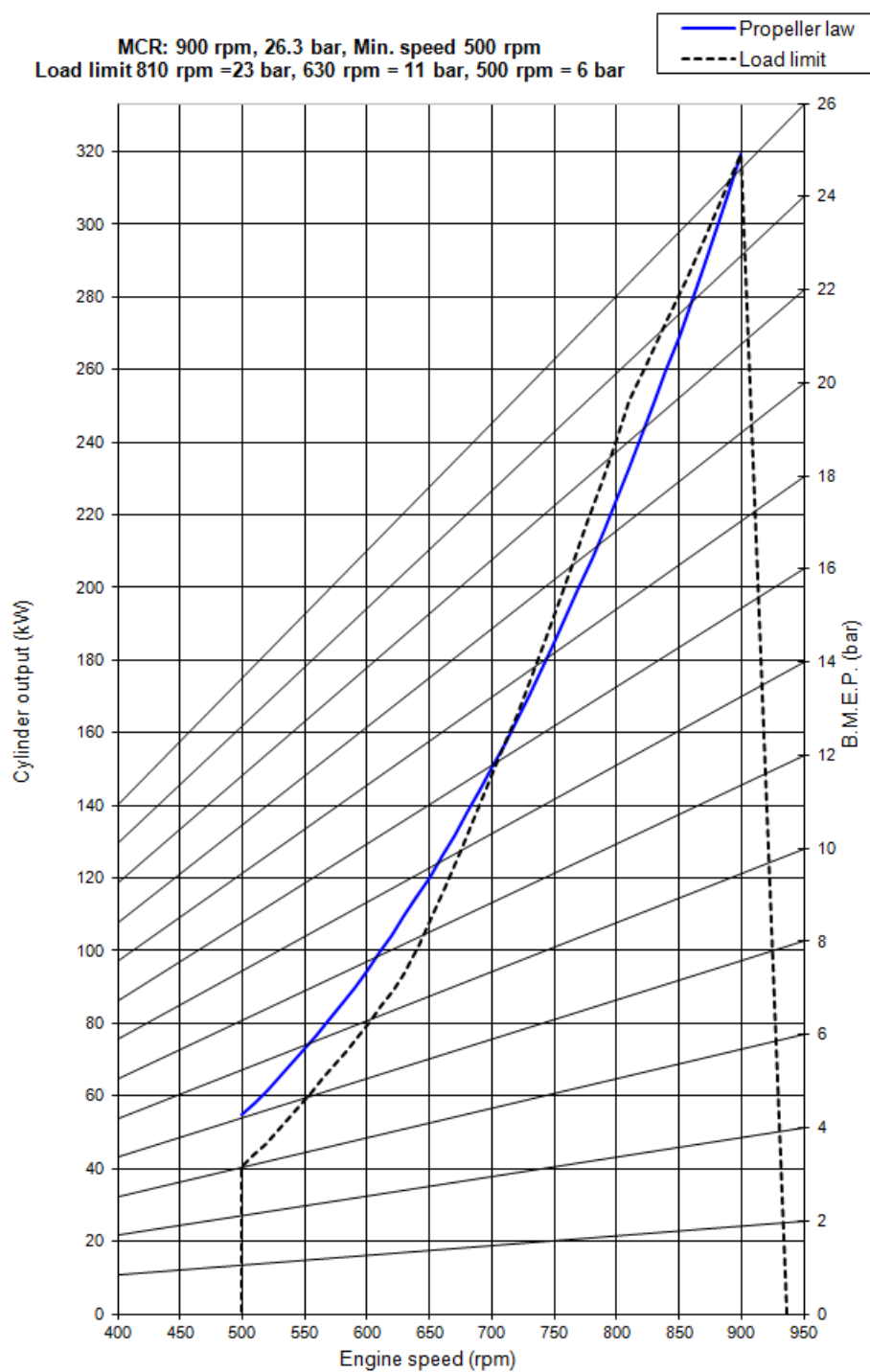


Figura 17. Corba de treball del motor dièsel Bergen tipus C de Rolls Royce, model C25:33L8 P

4.4. Motors auxiliars

El remolcador també incorpora dos equips azimuthals complets de la casa Ulstein Aquamaster, model US 255 CP, de pas variable i potència adequada als motors principals. Aquests propulsors són azimuthals, cada propulsor està accionat per un motor.

Les hèlixs són accionades directament pel motor a través d'un reductor. Els motors principals accionen els eixos verticals de les hèlixs a través dels pinyons, mentre que l'orientació dels mòduls propulsors depèn de motors hidràulics.

Per a la generació de l'energia elèctrica necessària en els remolcadors es troben instal·lats dos grups electrògens, formats cadascun d'ells per un motor generador de la marca Guascor. Aquests estan refrigerats per aigua dolça en circuit tancat mitjançant la instal·lació de boxcoolers de NRF. A part dels generadors Guascor també hi ha dos alternadors de la fàbrica Leroy Somer de 150kW, 400V i 50Hz cadascun. Mentre un estigui en funcionament l'altre estarà en standby.



Figura 18. Detall del motor auxiliar del MONTBRIÓ.

Nombre de cilindres	6
Cilindrada	6,6 l
Diàmetre interior del cilindre	108 mm
Carrera	120 mm
Combustió	Injecció directa mecànica
Relació de compressió	18,5:1
Sentit de rotació (d'enfront del motor)	Sentit agulles del rellotge
Bomba d'injecció	Tipus lineal /Bosch
Combustible	Gasoil

Taula 3. Característiques dels motors auxiliars, remolcador MONTBRIÓ.

4.5. Sistema de propulsió

Està equipat amb dos propulsors Ulstein Aquamaster US 255 CP. Aquests propulsors són azimuthals, cada propulsor està accionat per un motor.

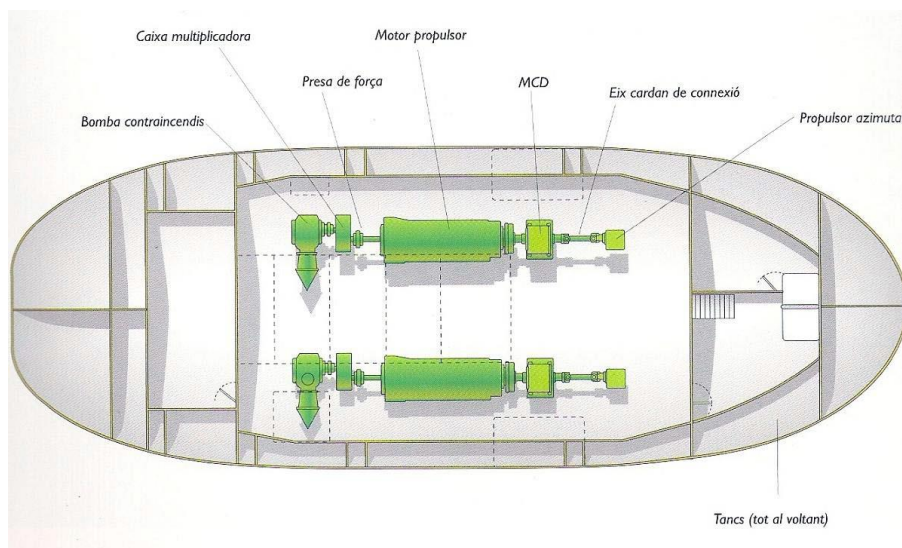


Figura 19. Sistema propulsiu MONTBRIÓ.

Les hèlixs són accionades directament pel motor a través d'un reductor. Els propulsors azimuthals tipus tractor dels motors principals accionen els eixos verticals de les hèlixs a través de diversos pinyons cònics, mentre que l'orientació dels mòduls propulsors depenen dels motors hidràulics muntats en el buc.

Les hèlixs son de pas variable, aquesta variació del pas s'aconsegueix mitjançant un mecanisme hidràulic integrat en el nucli de l'hèlix i controlat directament des del pont de govern.



Figura 20. Detall del propulsor azimuthal del MONTBRIÓ.

5. Remolcador model: Zuiderzee

5.1 Descripció del remolcador

El remolcador “**ZUIDERZEE**” pertany a la flota de remolcadors de port propietat de l'empresa *DAMEN*, construït en la drassana de Galati, a Romania. La sèrie de remolcadors ASD TUG 2810 Hybrid compta amb un total de tres remolcadors híbrids, dissenyats i construïts per a la Armada Reial dels Països Baixos. Els vaixells són: el *NOORDZEE*, *WADDENZEE* i el *ZUIDERZEE*. L'adquisició dels tres remolcadors és part del programa de renovació de la flota de la Armada Reial dels Països Baixos. Aquests vaixells poden navegar amb dièsel directe, en mode dièsel-elèctric o totalment elèctrics. El Zuiderzee va ser entregat el juny del 2016 en una cerimònia oficial en la Base Naval de Den Helder, als Països Baixos.

El ASD 2810 Hybrid es va dissenyar amb l'objectiu d'estalviar combustible i reduir les emissions. Per aconseguir-ho, el sistema propulsor pot treballar en tres condicions diferents esmentades anteriorment. En el cas de la navegació completament en mode elèctric amb les bateries, es produeixen zero emissions i nivells de soroll mínims durant períodes de temps de fins a una hora a una velocitat de 4 nusos. En el gràfic següent es pot veure la reducció d'emissions i de combustible en comparació a un remolcador estàndard de la mateixa sèrie.

REDUCTION EMISSIONS AND FUEL CONSUMPTION

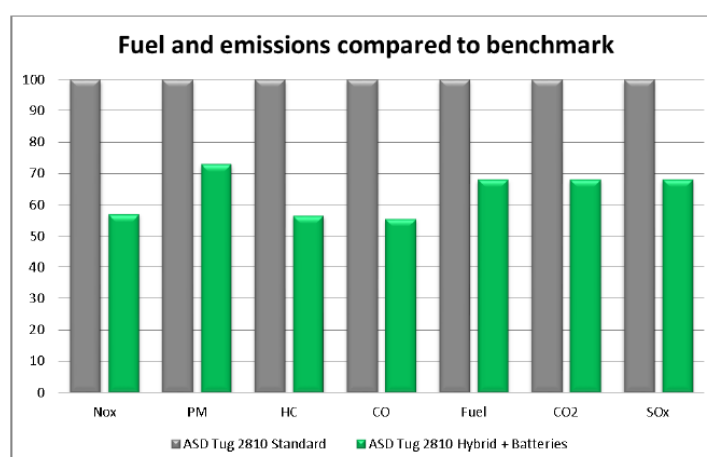


Figura 21. Percentatges de reducció de les emissions i del combustible en sistema propulsor híbrid.

S'observa que els canvis són satisfactoris utilitzant aquest tipus de propulsió, encara que no s'especifica en quin mode d'operació, i si és totalment en propulsió elèctrica o en dual. Tant les emissions de CO₂, SO_x i el consum de fuel, es redueixen un 30% i, NO_x, els hidrocarburs i el monòxid de carboni arriben fins a una reducció del 40%.

També compten amb una gran estabilitat i maniobrabilitat. Tenen un excel·lent comportament en el mar i bones característiques de remolc, gràcies al disseny del casc i de la quilla i, els últims avenços en les defenses, caps i argues.

En navegar amb motor dièsel, la flota ASD 2810 Hybrid pot emmagatzemar qualsevol energia elèctrica en el conjunt de bateries, sense haver de ser utilitzada al moment i, que pot ser utilitzada posteriorment per mantenir els sistemes operatius del vaixell o per a l'ús del mode de navegació elèctrica. A part de la propulsió híbrida, aquest remolcador compta amb una millora en el tir de 61,2 tones a diferencia de les 22 tones de la classe Linge, de la mateixa companyia, que estan reemplaçant.

Segons el treball a realitzar i el mode d'operativa del sistema propulsor, les velocitats poden variar. Quan el remolcador opera amb dièsel-directe, la velocitat màxima és de 13,9 nusos. En el segon cas, quan la propulsió opera amb dièsel-elèctrica arriba fins als 8 nusos. En l'últim cas, la velocitat és de 4 nusos durant 1 hora quan es treballa amb propulsió únicament elèctrica.



Figura 22. Remolcador ZUIRDERZEE.

5.2 Característiques del remolcador

El remolcador *Zuiderzee* és del tipus anomenat tractor, com el remolcador tradicional *Montbrío*.

Amb aquest tipus d'esquema de propulsió s'aconsegueixen guanyar maniobrabilitat a costa de calat, a causa que les toveres sobresurten generosament de la quilla.

Nom	Zuiderzee
Pavelló	Països Baixos
Any de construcció	2016
Drassana	Galati, Romania
Armador	DAMEN
Eslora total	28,67 m
Màniga màxima	10,43 m
Calat màxim	4,8 m
Arqueig brut	294 GT
Potència de MMPP	3840kW
Velocitat	13,9 kn
Societat de classificació	Lloyd's Register

Taula 4. Característiques principals del casc, remolcador ZUIDERZEE.

5.3 Motors principals

El sistema propulsiu híbrid està format per diferents elements els quals es detallen en l'esquema següent:

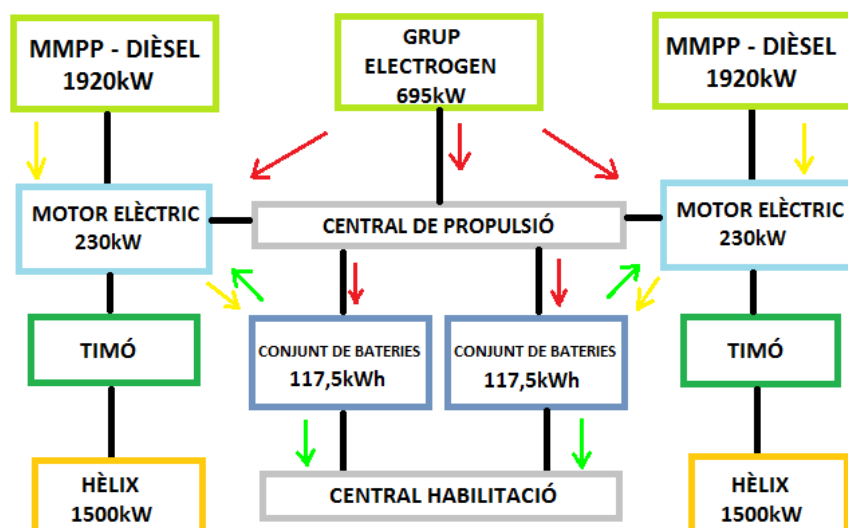


Figura 23. Esquema del sistema propulsiu híbrid del ZUIDERZEE.

El remolcador Zuiderzee està equipat amb dos motors principals de cicle Dièsel de quatre temps, marca MTU i model 16V4000M63R que desenvolupen una potència de 1920kW (2575 BHP) cadascun treballant a 1600 rpm i compleixen amb la normativa de la IMO Tier 2. També compta amb un generador de la marca MTU model 12V 2000 M41B, amb una potència aparent de 800kVA ja que s'aplica un factor de potència de 0,87, a una tensió de 440V i una freqüència de 60Hz.



Figura 24. Motor de combustió principal del ZUIDERZEE.

El grup electrogen està equipat amb un sistema de tractament dels gasos d'escapament que compta amb un sistema de reducció catalítica, un catalitzador d'oxidació dièsel i un filtre de partícules dièsel. Pot entregar una potència de 695kW a 1800rpm i compleix la normativa de la IMO Tier 3.

Tal i com mostren les fletxes vermelles a la figura 23, el grup electrogen actua com a generador proporcionant electricitat a les bateries o també als dos motors elèctrics.



Figura 25. Generador dièsel del ZUIDERZEE.

Compta amb dos motors elèctrics principals de la marca ABB. Tenen una potència de 230kW cadascun a 900 rpm. S'alimenten a una tensió de 440V i una freqüència de 60Hz amb corrent alterna. Estan col·locats entre cada motor principal i l'hèlix, transmetent el parell a l'eix. Encara que el motor dièsel estigui parat, pot seguir transmetent parell a l'hèlix.

Els motors elèctrics absorbeixen electricitat dels motors principals per poder moure les hèlixs, o poden generar electricitat i alimentar als dos conjunts de bateries, en la figura 23 s'observa el recorregut en fletxes grogues.



Figura 26. Motor elèctric del ZUIDERZEE.

El remolcador compta amb dos conjunts de bateries amb el qual es possible apagar tots els motors principals durant el manteniment, les maniobres i la navegació a baixa velocitat, això fa que el remolcador sigui encara més silenciós i no es generin altes vibracions. Les bateries són de la marca Valence i model U 27-36XP, i tenen una capacitat de 117,5kWh cadascuna. Permet que el vaixell pugui navegar fins a una velocitat de 5 nusos. L'avantatge de la

incorporació de bateries a bord és la comoditat per a la tripulació. Durant la nit, la energia prové de les bateries evitant així sorolls i emissions.

Les bateries poden absorbir potència gràcies als dos motors elèctrics i també poden ser carregades mitjançant el grup electrogen. Tenen com a funció donar electricitat als serveis del remolcador i a l'habilitació, i també alimentar als motors elèctrics. Les fletxes verdes ho detallen en la figura 23.

Per últim té dos propulsors azimuthals de la marca Rolls Royce i model US 205-P18, i tenen una potència màxima de 1500kW en un rang de revolucions de 700 fins a 1800, cadascun.



Figura 27. Propulsor azimuthal del ZUIDERZEE.

Technical data

Thruster type	Max Input Power (kW)	Input speed (rpm)	Weight (t)	Bollard pull two units (t)	Prop. Dia (mm)
US 55-P4	330	1500 - 2100	1.9	11	1050
US 105-P6	480	1500 - 1800	3.6	17	1300
US 105-P9	725	1000 - 1800	6	24 - 25	1500 1600
US 155-P12	904 - 1065	750 - 2000	9.5 - 11	29 - 35	1600 1800
US 155-P14	445 - 1280	750 - 2000	11.5 - 12.5	37 - 42	1800 2000
US 205-P18	1500	750 - 1800	18	51	2200

Taula 5. Característiques tècniques del propulsor azimuthal.

5.4 Anàlisi del motor elèctric

El motor elèctric pot donar el parell màxim a velocitat de rotació zero. El motor Diesel es cala si la seva velocitat disminueix per sota d'un valor mínim, que és una mica inferior a la velocitat de ralenti. Per tant, dona parell zero per sota d'aquesta velocitat, i perd capacitat de reacció, atès que es cala.

En afegir un motor elèctric a l'eix d'un motor Diesel, el motor elèctric pot modular el parell que es transmet entre motor Diesel i l'hèlix, sumant o restant potència, a qualsevol règim de voltes, segons si actua com a motor o com a generador, per mitjà del control de la seva magnetització.

Aquesta modulació es podria expressar gràficament i de forma qualitativa segons el diagrama de la figura següent:

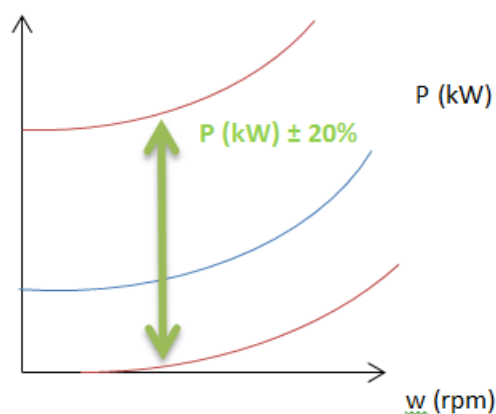


Figura 28. Modulació del parell entre un motor Diesel i l'hèlix.

En blau, es representa la potència màxima subministrada pel motor Diesel per diferents velocitats de gir, a partir de la velocitat de ralenti. Es tracta d'una potència màxima, atès que el parell entregat per un Diesel per cada velocitat de gir, pot anar des de zero fins al parell màxim expressat per la corba.

Les dues corbes vermelles representen la modulació que permet fer el motor elèctric sobre la potència que acaba sortint per l'eix del conjunt. Si la màquina elèctrica treballa com a motor, la corba de potència de sortida seria la vermella superior. Si la màquina treballa com a generador, la potència resultant seria la vermella inferior.

Per un motor Diesel, el parell està acotat entre zero i el valor màxim indicat en la corba, amb un temps de reacció en els transistors condicionats pel regulador de velocitat del motor tèrmic i per les inèrcies de rotació dels elements rodants. És coneix de l'estudi dels grups electrògens, que el graó màxim de càrrega que pot suportar de cop un motor Diesel, és d'entre el 40% i el 60% del parell màxim per aquella velocitat, amb un temps de reacció de diversos segons: el regulador de velocitat ha de detectar la caiguda de revolucions

provocada pel graó de càrrega, ha d'augmentar la injecció i el parell desenvolupat ha d'arribar al nou punt d'equilibri. Això necessita uns quants segons de temps.

En incorporar un motor elèctric a l'eix, les dues magnituds, parell i velocitat, resulten independents entre elles dins un rang molt més ample (d'un 20% de més o de menys pel dimensionament estudiat), amb temps de reacció molt més petits, de l'ordre de les centèsimes de segon. Es poden obtenir pics de potència sobre l'hèlix a velocitats més baixes, per augment del parell motor.

Fins i tot, es poden aconseguir parells negatius sobre l'hèlix, és a dir, que l'hèlix actuï com a turbina i entregui potència al motor elèctric. El règim de funcionament d'una hèlix com a generador és un règim prohibit per un sistema propulsat solament per un motor Diesel. Es tracta, però d'un règim de treball poc habitual per un vaixell qualsevol, però pot resultar útil per un remolcador.

A elevades velocitats, en un motor elèctric, el parell màxim deixa de ser constant, i decau en relació a la velocitat, de manera que la potència màxima que pot suportar el motor es manté constant, tal i com s'observa en la següent corba de P-w.

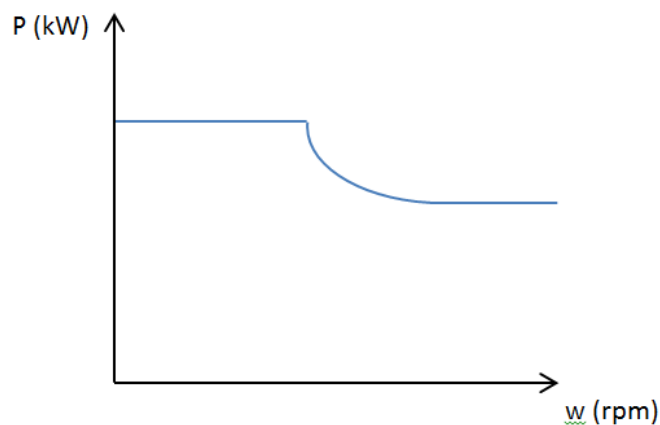


Figura 29. Corba de Potència-Velocitat de gir d'un motor elèctric.

5.5 Auxiliars de propulsió

L'equip auxiliar de propulsió està format per:

- 1 generador de la marca Volvo i model D5A TA, el qual ofereix una potencia aparent de 107kVA treballant a una tensió de 230/400 V i freqüència de 50Hz.
- 2 bombes de buidatge de la marca Sterling i model AKHA 5101, amb un cabal de treball de 20m³/h.
- 1 bomba separadora d'aigua d'un cabal de 0,5m³/h.
- 2 bombes de combustible.
- 1 bomba purificadora de combustible de la marca Westfalia, model OTC 2-02-137.
- 1 bomba de transferència d'aigua dolça.
- Sistema hidràulic format per 1 bomba accionada elèctricament i 2 bombes impulsades pel motors principals.
- La bomba FIFI de la marca Kvaerner/Norgear amb un cabal de treball de 1200m³/h.

5.6 Modes d'operació

El remolcador híbrid pot operar en cinc condicions diferents. Com s'ha comentat anteriorment i segons el mode a operar, utilitzarà la propulsió dièsel, la combinació de dièsel i elèctrica o la elèctricament únicament.

Les condicions en les que treballa són:

- *HARBOUR*: Connexió a port
- *STANDBY*: Mode de espera
- *FREE SAILING*: Navegació
- *TOWING*: Remolc
- *FIRE FIGHTING*: Lluita contra incendis



Figura 30. Modes d'operació del remolcador ZUIDERZEE .

A continuació es detalla una breu explicació de cada mode d'operació:

1. *HARBOUR MODE* – Connexió a port



Figura 31. Operació de connexió a port.

El primer mode d'operació és el *Harbour Mode* o connexió a port/terra. El remolcador es troba amarrat al port, tal i com indica està connectat a terra. En aquest cas, el remolcador treballa amb propulsió elèctrica. Sense consumir combustible, donat que les bateries es van carregant gràcies a la connexió exterior.

2. STANDBY MODE: Mode de espera



Figura 32. Operació de mode en espera.

En aquesta segona condició el remolcador només pot treballar quan hi ha una combinació amb el conjunt de bateries. Els motors dièsel s'apaguen i la bateria alimenta el sistema elèctric (encarregat de proveir als serveis del remolcador) i els motors de propulsió elèctrica que impulsen les hèlixs. Quan es canvia al conjunt de les bateries el sistema canvia automàticament al mode de navegació lliure i es començaran a carregar les bateries.

Aquesta condició de treball es pot utilitzar per mantenir els serveis del remolcador funcionant, maniobrar i navegar a velocitats de fins a 5 nusos.

3. FREE SAILING MODE – Navegació lliure



Figura 33. Operació en navegació lliure.

En el mode de navegació lliure el remolcador treballa amb el grup electrogen que alimenta als motors elèctrics que fan moure els propulsors azimuthals. Els motors dièsel principals no estan funcionant i les bateries alimenten als serveis.

Aquesta condició de treball es pot utilitzar per mantenir els serveis del remolcador funcionant, maniobrar i navegar a velocitats de fins a 8 nusos.

4. TOWING MODE – Remolc

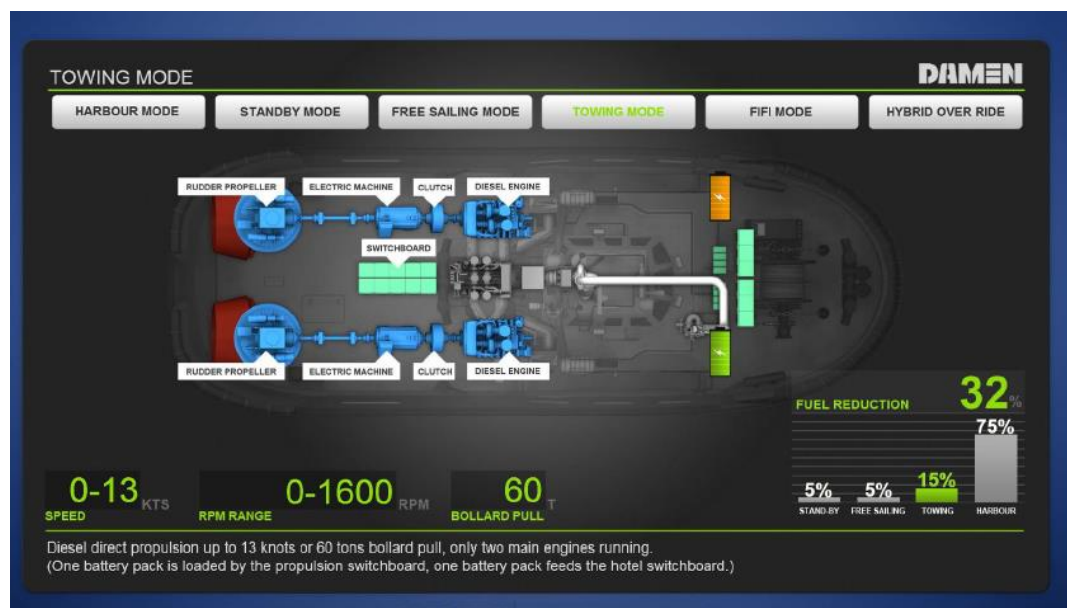


Figura 34. Operació de remolc.

Els motors dièsel principals arrenquen i mouen les hèlixs. El grup electrogen està alimentant al sistema elèctric. Aquesta condició s'utilitza durant les operacions de remolc i navegació lliure fins a 13 nusos de velocitat.

5. FIFI MODE – Lluita contra incendis

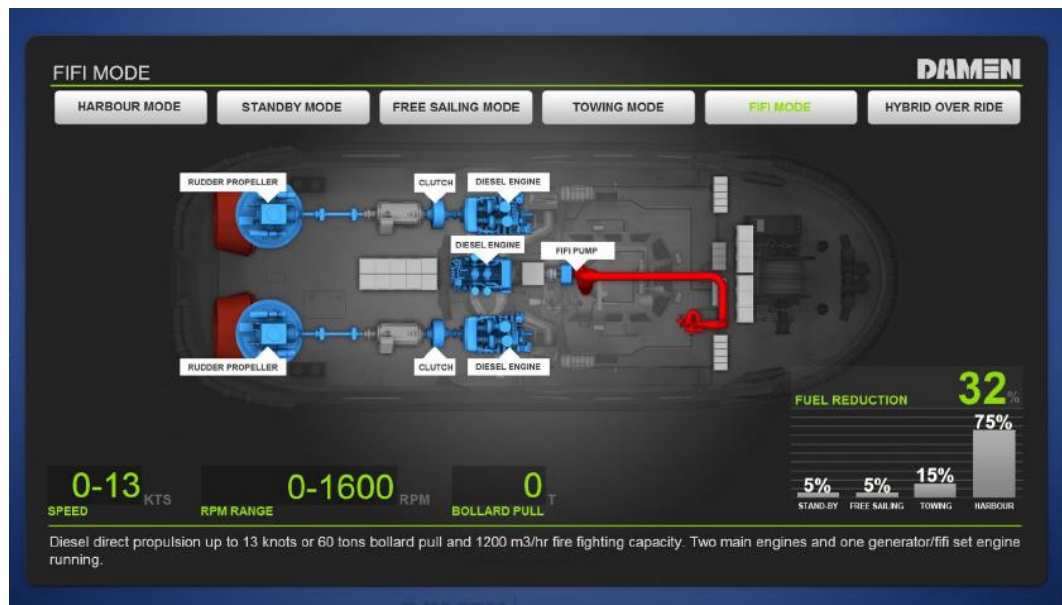


Figura 35. Operació de lluita contra incendis.

El mode de lluita contra incendis només pot ser utilitzada en les operacions específiques d'incendis. Quan s'activa aquest mode, els motors dièsel arrenquen, mouen les hèlixs i el conjunt d'extinció d'incendis s'inicia. S'acciona la bomba d'extinció d'incendi mentre el grup electrogen està alimentant al sistema elèctric encarregat dels serveis del remolcador.

6. Balanç elèctric

L'objectiu del balanç elèctric es determinar quina potència elèctrica es consumirà en el remolcador en cada situació. Lògicament, el consum real varia d'un instant a un altre, de manera que per poder dimensionar els generadors el que es necessita el consum màxim que s'espera, tenint en compte que no tots els equips elèctrics funcionaran a la vegada i que molts ho faran a un règim inferior a la seva potència nominal.

En primer lloc, s'ha de definir les situacions de consum que s'estudiaran. Cadascuna d'elles es caracteritza per una relació d'equips en funcionament a uns règims determinats. Les situacions es descriuen a continuació:

- **Navegació lliure:** situació en la que el consum d'energia elèctrica en el mar es necessària per proveir a tots els serveis normals del remolcador.
- **Remolc:** situació en la que el consum corresponent als consumidors que funcionen durant el remolc a un vaixell.
- **Anticontaminació i contra incendis:** situació en la que el consum correspon als consumidors que funcionen durant les feines de lluita contra incendis o durant la operació d'anticontaminació.
- **Port:** situació en la que només funcionaran els serveis del remolcador que no pertanyin als de propulsió.
- **Emergència:** situació on el consum correspon al necessari per a mantenir els serveis de seguretat i maniobrabilitat en condicions d'emergència.

Per a cada consumidor elèctric i a cada situació es definirà un coeficient d'utilització K_u , tal que multiplicant la potència total instal·lada d'aquest consumidor pel coeficient s'obtingui el consum real. Es pot expressar com:

$$K_u = K_n * K_{rs}$$

K_n és el coeficient de simultaneïtat, indica quants dels equips estan en funcionament a la vegada.

$$K_n = \frac{n^{\circ} \text{ d'equips en funcionament}}{n^{\circ} \text{ d'equips instal} \cdot \text{lats}}$$

K_{rs} és el coeficient de règim i servei, el qual té en compte una banda que els equips no sempre funcionen a la seva potencia nominal i per l'altra que no estan sempre en servei.

$$K_{rs} = \frac{\text{Potencia absorbida}}{\text{Potencia nominal}} * \frac{\text{Hores en funcionament al dia}}{24 h}$$

6.1. Consumidors

1. Propulsió i sistemes auxiliars

La propulsió i els sistemes auxiliars de propulsió estan formats pel servei de combustible, lubricació, refrigeració i aire d'arrencada dels generadors principals. El factor de potencia es desconeix de tots els cassos per no figurar a la fitxa tècnica, es fan servir els d'un catàleg de motors elèctrics similar. Es una bona aproximació ja que la majoria d'auxiliars són bombes, separadores i compressors, tots accionats per motors elèctrics. Les unitats escalfadores suposaran un factor de potencia major degut al treball de resistències que realitzen.

2. Serveis

En aquesta categoria pertanyen els serveis d'aigua dolça, tractament d'aigües, contra incendis, bombes de buidatge, el llast i tractament de brossa, etc. Són els serveis lligats a l'activitat de l'habilitació, on el consum serà igual en totes les situacions excepte en emergència, en la que es consideren essencials les bombes de buidatge i els serveis contra incendis.

3. Equips de coberta

Maquineta d'amarratge i fondeig, mitjans de elevació, bots salvavides i de rescat. Gigres i molinet només en situació de maniobra i port amb un coeficient de 1, mitjans d'elevació en totes menys en emergència, bots de rescat en totes i mitjans salvavides només en emergència.

4. Ventilació i condicionament

Equips de ventilació dels espais de màquines i equips de ventilació de l'habilitació. Activats en totes les condicions excepte en emergència, on només es mantindrà activada la ventilació de la zona de màquines.

5. Habilitació

En aquesta categoria podem trobar els consumidors de cuina i habilitació. S'estima un coeficient de règim i servei de 0,4 per als consumidors de cuina en totes les situacions menys en la d'emergència, i de 0,5 per als d'habilitació menys a la d'emergència.

El factor de potencia és del 0,85 per a tots els consumidors.

6. Enllumenat

Enllumenat d'emergència només activat en la situació d'emergència, amb un coeficient de 1. Per a l'enllumenat interior es de 0,8.

Factor de potencia per a les llums LED de 0,95 (valor generalitzat).

7. Equips de control i comunicació

Equips de pont, control de màquines, comunicacions externes i internes, detecció i alarmes. Sempre actius amb un coeficient de 0,95 i un factor de potencia de 0,85.

6.2. Resultats obtinguts

S'ha realitzat el balanç elèctric per als cassos de demanda de potencia més alts. Els resultats obtinguts per a cada situació de consum es mostren en la taula següent:

**El balanç sencer realitzat amb tots els càlculs es troba a l'Annex 3. Balanç elèctric del remolcador Monbtrió.*

Consumidor	Navegació lliure		Remolc		Anti contaminació i contra incendis		Port		Emergència	
	P (kW)	S (kVA)	P (kW)	S (kVA)	P (kW)	S (kVA)	P (kW)	S (kVA)	P (kW)	S (kVA)
Propulsió i sistemes auxiliars	567	872,13	202,6	319,06	567	872,13	101,3	159,53	567	872,13
Serveis	58,86	103,24	46,8	76,87	58,86	103,24	58,86	103,24	58,9	103,2
Equips de coberta	23	35,75	341,5	384,84	23,5	31,14	41,5	59,02	207,1	220,45
Ventilació i condicionament	42,72	50,86	42,72	50,86	42,72	50,86	42,72	50,86	30,4	36,74
Habilitació	6,93	8,16	6,93	8,16	6,93	8,16	6,93	8,16	16,60	19,52
Enllumenat	42,17	44,38	42,17	44,38	42,17	44,38	42,17	44,38	52,71	55,48
Equips de control i comunicació	45,38	53,38	37,37	43,97	49,05	57,71	24,51	28,83	57,15	67,24
TOTAL	786,05	1167,90	720,09	928,14	790,22	1167,62	317,98	454,02	989,82	1374,80

Taula 6. Resultats obtinguts en cada situació de consum.

Com es pot observar la situació de més demanda de potencia és la d'emergència seguida de el consum d'anticonaminació i serveis contra incendis. Aquestes situacions es poden donar en pocs casos.

La suma total de la potencia en totes les situacions és la següent:

Situació de consum	P total (kW)	S total (kVA)
Navegació lliure	786,05	1167,90
Remolc	720,09	928,14
Anticonaminació i contra incendis	790,22	1167,62
Port	317,98	454,02
Emergència	989,82	1374,80
	3604,16	5092,48

Taula 7. Balanç total de potències.

7. Proposta de sistema híbrid

En el següent apartat es realitza una proposta sobre un sistema de propulsió híbrid per al Montbríó. S'instal·len els mateixos motors principals que els originals, els de la marca Bergen tipus C de Rolls Royce, model C25:33L8 P, no reversibles, els quals desenvolupen una potència de 2.400kW (3.265 BHP) cadascun treballant a 1.000 rpm. S'instal·la un grup electrogen igual al del remolcador *Zuiderzee*, amb una potencia de 695kW a 1800 rpm.

Aquest sistema comptarà amb una sèrie de bateries, de diferent marca que les instal·lades en el *Zuiderzee*. Per una altra banda estan les bateries que són de la marca TROJAN model L16RE-2V, cadascuna té un voltatge de 2V i una capacitat de 1235Ah son de plom àcid. Amb aquesta tecnologia no és necessari un carregador ja que al igual que descarreguen la corrents al quadre de control, es poden carregar enviant corrent continua amb el voltatge adequat. Aquesta funció es pot realitzar des del el propi quadre de control, on arriba l'energia dels generadors i d'aquí es distribueix als equips.

Primer s'ha de decidir a quina tensió es carregaran, com els generadors produeixen a 440V i la tensió en els quadres és la mateixa, s'escull aquesta tensió. Els convertidors s'encarregaran de passar la corrent alterna que produeixen en corrent continua per a les bateries, en el cas de la càrrega. En el cas de la descàrrega, els convertidors passarien a corrent alterna per poder fer servir els equips.

Es col·loquen en sèrie formant un conjunt, cada conjunt compost per 200 bateries de 2V, d'aquí s'obté la tensió escollida. Els conjunts estaran disposats en paral·lel entre si. Per escollir quants conjunts fan falta i en quan de temps es descarregaran i carregaran, es calcula la potencia de cada conjunt amb la següent formula:

$$Capacitat (Ah) = \frac{Potencia (W)}{Tensió (V)}$$

Cada conjunt de bateries tenen una capacitat de 494kWA. En el cas màxim es necessiten 3.604,16kW, aquest és el valor màxim obtingut en el balanç. Es divideix $3604,16/494=7,295$ per el que amb set conjunts de bateries tindríem suficient, però para estar segurs al 100% s'escullen 8 conjunts.

Per últim estan els motors elèctrics que fan falta. Degut a la notable dificultat de trobar motors elèctrics en catàlegs en comparació als motors dièsel, i degut a que els règims de treball no són tan estrictes com els del Diesel, donat que poden treballar a diferents revolucions donant les mateixes potències, s'escull aplicar els mateixos motors elèctrics que el remolcador model, el *Zuiderzee*.

S'instal·len dos motors elèctrics de 811 kW a 1.800 rpm, per moure les bombes de les FI-Fi i dues bombes de 165kW per moure les bombes d'hidràulica per la màquina de remolc. En aquests dos casos les potències són les que surten per l'eix i arriba a les bombes. Per tant, els motors hauran de donar més potència de la demandada ja que part d'aquest s'elimina degut a les pèrdues de fregament de l'eix.

8. Estudi econòmic

La finalitat del projecte no és només determinar els components instal·lats nous i les seves característiques tècniques per tal de modificar el sistema propulsiu dièsel en un híbrid, sinó que també es busca la obtenció d'un pressupost, el qual resulta un factor determinant en la viabilitat del projecte d'un remolcador com el que aquí es tracta.

Donat que no s'ha desenvolupat una instal·lació elèctrica nova completa, el pressupost que es presenta s'ha enfocat de cara als nous equips.

En la següent taula es mostra l'estudi econòmic de la incorporació del sistema híbrid:

ELEMENT	PREU
1 Grup Generador 695kW	30.408,00 €
2 Motors Elèctrics ABB 230 KW	70.000,00 €
8 Conjunts de bateries TROJAN model L16RE-2V	372,90€/u 2983,2 € total
2 Variadors de freqüència AC DRIVER HES880	5.000,00 €
Modificació Línies dels eixos	5.400,00 €
TOTAL	113.791,2 €

Taula 8. Estudi econòmic.

**Els preus són aproximacions extretes d'altres projectes de remolcadors de caràcter similar.*

El resultat obtingut és una aproximació dels costos dels nous equips. S'hauria d'afegir la part de mà d'obra i impostos, a part del material.

9. Conclusions

De la realització del present Treball de Final de Grau s'han obtingut una sèrie de conclusions referents a l'anàlisi de funcionament entre el sistema inicial amb propulsió únicament dièsel i el sistema plantejat de propulsió híbrida.

Després de la recerca realitzada a través de diferents fonts es pot dir que els remolcadors no són vaixells normals. La funció d'un remolcador és ajudar en les maniobres dels vaixells a l'entrada i sortida dels ports, entre d'altres funcions. Per aquesta situació en particular, i com ja s'ha mencionat diverses vegades al llarg del treball, necessiten grans potències en velocitats de navegació baixes per remolcar i per mantenir-se navegant i/o parat durant la maniobra, a causa del percentatge de càrrega afegida a l'arrossegament propi del remolcador. Es caracteritzen per aquesta singularitat i, els fa interessants per la mateixa raó.

Ha sigut difícil trobar les corbes de remolc d'una hèlix concreta en condicions d'arrossegament. Per tant, no ha quedat clar el rendiment de l'hèlix per diferents punts de treball perquè no tenim les corbes completes. Referint-me a les corbes completes com les que ens mostren la relació entre la empena i els nusos als quals navega el remolcador, i els diferents règims del motor. Dades altament rellevants per a l'anàlisi del funcionament del motor elèctric i l'hèlix conjuntament.

Com s'ha exposat en l'anàlisi de la corba del motor dièsel, el dimensionament clàssic d'un motor dièsel contra l'hèlix limita l'aprofitament de les prestacions de les hèlixs i els motors elèctrics donat que no contempla la singularitat de l'arrossegament, característica primordial en el dimensionat d'un remolcador.

En deslligar les revolucions del motor del parell, es pot ajustar la potencia de treball de l'hèlix pel màxim rendiment per cada situació d'arrossegament, abans canviant la geometria de l'hèlix i/o la velocitat de gir i/o el parell sobre l'eix, de manera similar de com ho fa un MPT (*"Maximum Power Tracking"*) de placa fotovoltaica.

El resultat obtingut de l'estudi econòmic és una aproximació, com ja s'ha esmentat, donat que és complicat aconseguir el preu de venda al públic si no ets un client. M'he posat en contacte amb les empreses corresponents, sense obtenir resposta.

Treballar amb motors elèctrics estalvia emissions directes a l'atmosfera i l'estalvi energètic és major perquè es pot triar el millor mode de treball en cada cas, utilitzant la potencia emmagatzemada en les bateries o bé generant potencia a través dels dièsel, segons la demanda del remolcador en la operació a realitzar.

9.1. Línies futures de treball

Per concloure, les perspectives de futur per poder completar l'anàlisi realitzat al llarg de l'estudi, i que caurien fora de l'abast d'aquest treball, considero que haurien de ser poder aconseguir les corbes completes del règim de treball de l'hèlix per tal d'obtenir un bon anàlisi i unes condicions de funcionament en el conjunt hèlix-motor elèctric.

Per tal de fer-ho possible, es podria desenvolupar una eina de càlcul i de control que tingués en compte tres particularitats principals: El règim de treball òptim per a les hèlixs de pas variable, les prestacions dels motors elèctrics i la singularitat dels remolcadors. Parlant sempre en perspectiva al posicionament dinàmic dels vaixells amb propulsió híbrida, no només en posició sinó també en empenta. Això seria possible gràcies a la unió entre la eina descrita i un dimensionat integral de la propulsió com a conjunt unitari entre l'hèlix i el motor elèctric.

Bibliografia

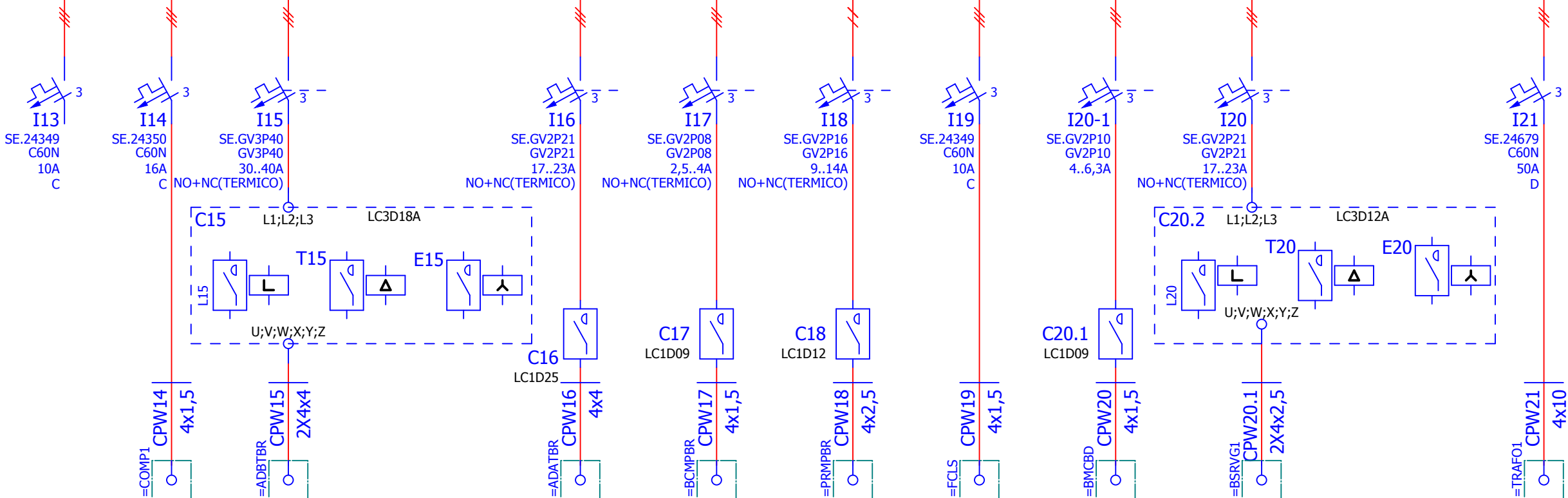
- [1] BOIX, Oriol; SAINZ, Luis; CORCOLES. Tecnologia elèctrica. Editorial técnica Ceysa 2002.
- [2] BOSCH TOUS, Ricard; CASALS TORRENS, Pau. Máquinas eléctricas. Ediciones UPC. Barcelona 2005.
- [3] FRAILE MORA, Jesús. Máquinas eléctricas. Editorial Mc Graw Hill 2008.
- [4] Rolls Royce. Project Guide Bergen engine type C25:33P. https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/marine-product-finder/engines-2018/C25_33%20Propulsion%20engines%202018.pdf
- [5] Rolls Royce. Azimuth thrusters. <https://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/azimuth-thrusters.pdf>
- [6] DAMEN. Executive summary – Tugs. ASD TUG 2810 HYBRID. https://products.damen.com/-/media/Products/Images/Clusters-groups/Tugs/ASD-Tugs/ASD-2810-Hybrid/Documents/Executive_Summary_Damen_ASD_Tug_2810_Hybrid_03_2017.pdf
- [7] DAMEN. DAMEN ASD TUG 2810 HYBRID “ZUIDERZEE”. https://products.damen.com/-/media/Products/Images/Clusters-groups/Tugs/ASD-Tugs/ASD-2810-Hybrid/Documents/Product_Sheet_Damen_ASD_Tug_2810_Hybrid_512359_Zuiderzee.pdf
- [8] DAMEN. Damen ASD Tug 2810 Hybrid – INFO. https://www.damen.com/-/media/New-CorporateDamen/Images/News/2014/01/Dutch_Navy_to_buy_tugboats_in_cooperation_with_FMV_Sweden/Damen_ASD_Tug_2810_Hybrid.pdf
- [9] MARTIN JUAN, Javier; MARTÍN PÉREZ, Francisco Javier. Apuntes de electricidad aplicada a los buques. Editorial Club Universitario 2007. <https://books.google.es/books?id=Qf8uDwAAQBAJ&pg=PA231&lpg=PA231&dq=coeficientes+calculo+balance+el%C3%A9ctrico+remolcador&source=bl&ots=jZqZ7dz8nk&sig=tPAWR0s4FmSC6qsvnSEfIPWUY60&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjRvdSwtNPdAhUB-YUKHf41DPoQ6AEwEXoECAAQAQ#v=onepage&q=coeficientes%20calculo%20balance%20el%C3%A9ctrico%20remolcador&f=false>
- [10] CAMACHO SÁNCHEZ, Francisco Arcadio. Proyectos de fin de carrera de Ingeniería Técnica Naval. Calculo y dimensionamiento de la planta generadora y del conexionado de cuadros de un remolcador de 3000 HP. <http://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/15177/b36310633.pdf>

- [11] REBARSA. <http://www.rebarsa.es/>
- [12] REBARSA. Montbrió. <http://www.rebarsa.es/flota/montbrio/>
- [13] DOPICO SAAVEDRA, David. Remolcador de Puerto y altura. Propulsión dual. Capítulo 11: Definición de la planta eléctrica. Escuela Politécnica Superior Universidad de A Coruña. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/18050/DopicoSaavedra_David_TFG_2016_05de7.pdf?sequence=6&isAllowed=y
- [14] MTU. Marine & Offshore Solution Guide. Diesel Engines, Propulsion Systems, Generator Sets, Automation. Edition 02/18 valid from 08/2018. https://www.mtu-online.com/fileadmin/fm-dam/mtu-global/pdf/products/3190141_MTU_Marine_SalesProgram_2_18_lay_final.pdf
- [15] DROZD, Yuri. Proyectos Navales. Revista digital de ingeniería naval. Propulsión híbrida diésel-eléctrica en barcos de recreo. <https://proyectosnavales.com/2016/07/17/propulsion-hibrida-diesel-electrica-en-barcos-de-recreo/>
- [16] Autor Desconegut. 2012. *Sistema Propulsor y Auxiliar del Buque de Salvamento María Zambrano*. Trabajo de Presentación de Practicas.
- [17] G. ARTÉS, David. Diario Motor. Revista digital. Potencia y par, motor eléctrico y diésel: cultura para el s. XXI. <https://www.diariomotor.com/tecmovia/2011/10/19/potencia-y-par-motor-electrico-y-diesel-cultura-general-para-el-s-xxi/>
- [18] RODRIGUEZ DIEZ, R. 2012. Tipos de remolcadores Voiht wáter tractor y sus aplicaciones. Prácticos del Puerto. Disponible en: <http://goo.gl/zoxssd>.
- [19] GASTON, M.J. 2004. The Tug Book. 3ª ed. Somerset (U.K). Patrick Stephens Limited.
- [20] Baterías y amperios. Soluciones en baterías. Bateria Trojan 2V L16RE-2V. <https://bateriasyamperios.com/shop/bateria-trojan-2v-l16re-2v/>

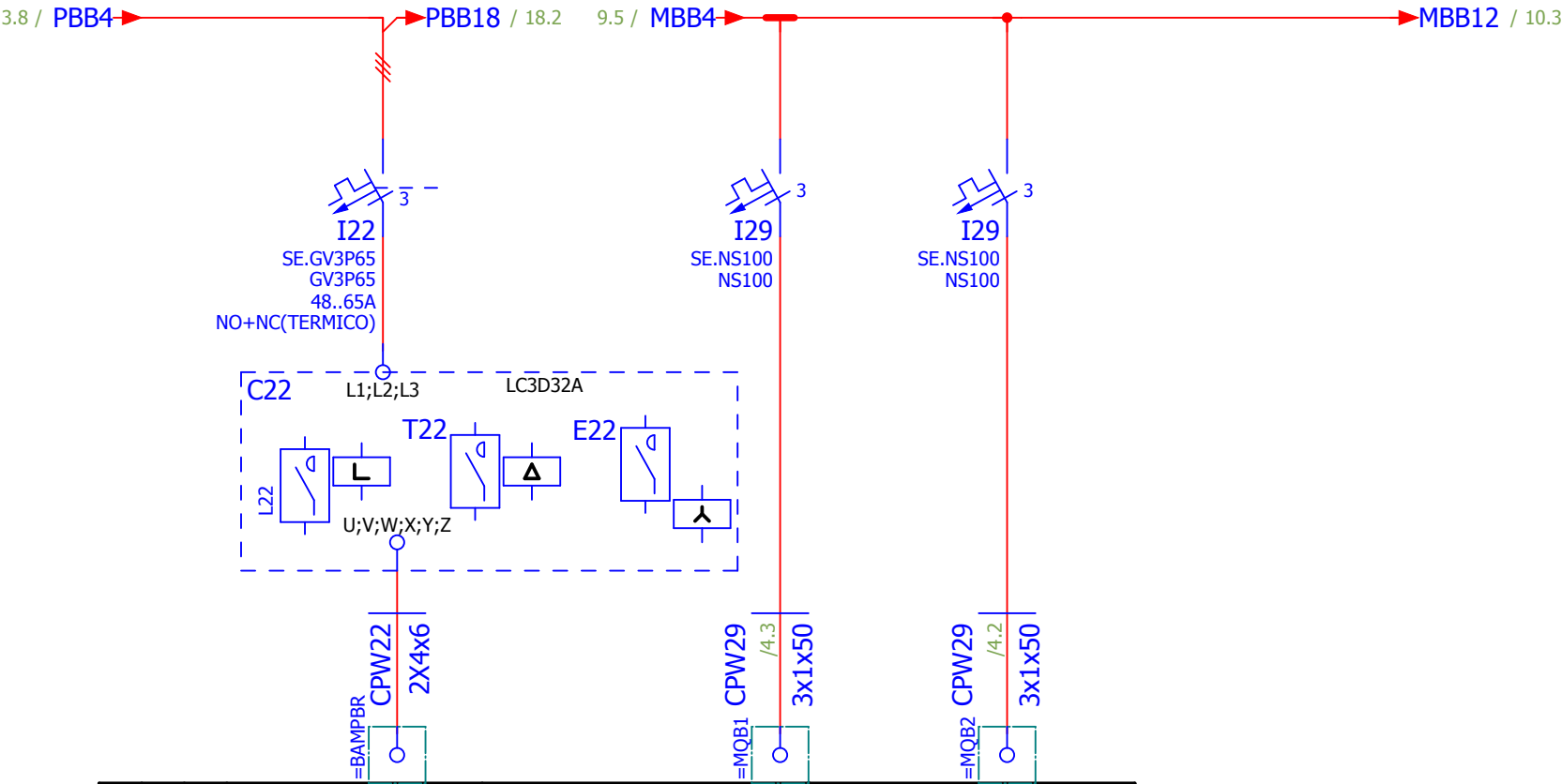
Annex 1. Distribució elèctrica del Montbrió

2.8 / PBB3

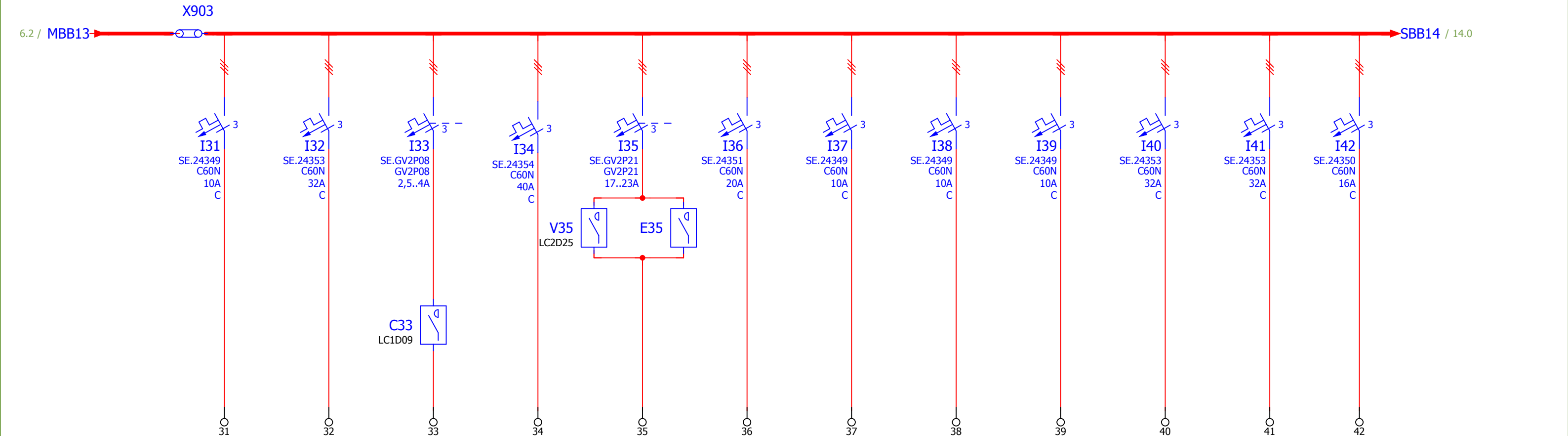
PBB4 / 4.0



No Circ.	DESIGNACION/DESIGNATION	In. Circ.	Cable/Wire		
			Exterior	Interior	In.
			Secc.	In.	
13	Reserva				24
14	Válvulas FI-FI 5KW	10,5	4x1,5	14	24
15	B. reserva A.D. B.T. M.Ppal. Bb 18,5KW	32,5	2(4x4)	54	42
16	B. reserva A.D. A.T M.Ppal. Bb. 11KW	21	4x4	27	4
17	B. D.O. MP BR stby 1,5KW	3,5	4x1,5	14	17
18	B. prelubri. M. Ppal. Bb 5,5KW	11	4x2,5	20	24
19	Planta septica 2,8KW				24
20.1	Bomba cebado 2,2KW	4,8	4x1,5	14	17
20.2	B. servicios generales N1 11KW	21	2(4x2,5)	2(20)	24
21	Transformador primario alubr. No1 20KVA	27,3	4x10	47	42



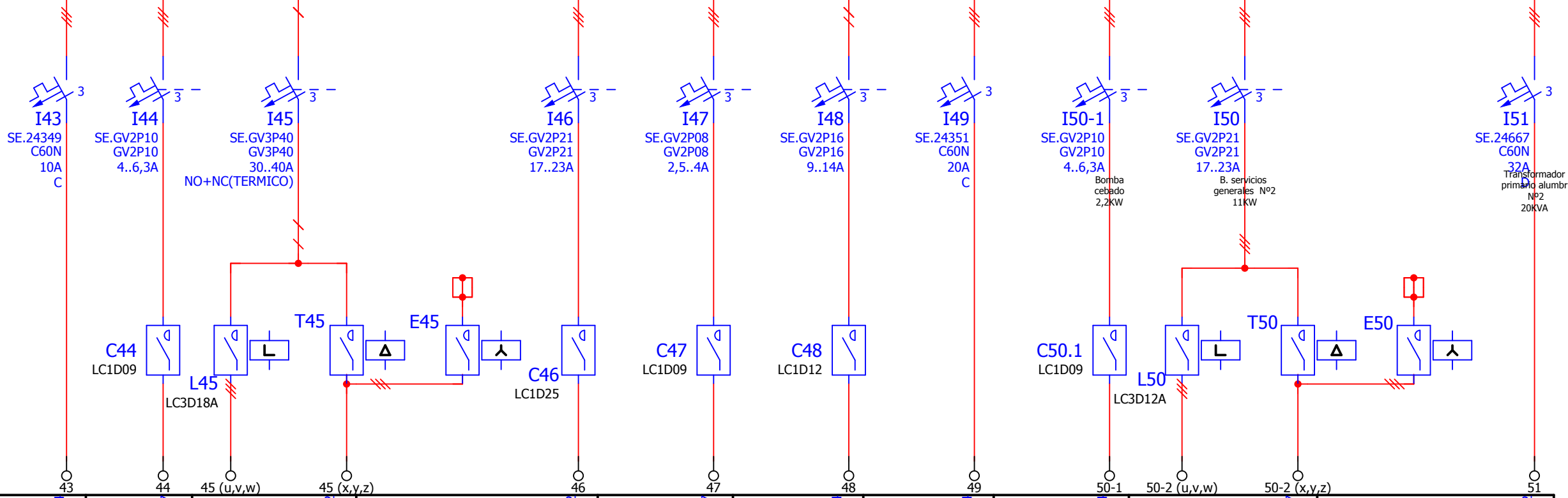
No Circ.	DESIGNACION/DESIGNATION	In. Circ.	Cable/Wire			
			Exterior	Interior	In.	Secc.
			Secc.	In.		
22	B.reserva aceite MP Br 30KW	55	2(4x6)	16	78	
29	Maquinilla remolque 75KW		4(1x70)	20x5	325	
29	Maquinilla remolque 75KW		4(1x70)	20x5	325	



No Circ.	DESIGNACION/DESIGNATION	In. Circ.	Cable/Wire		
			Exterior	Interior	In.
			Secc.	In.	
31	Separador de sentinas 1.44 KW		4x1,5	14	24
32	Reserva				42
33	Bomba achique lodos 1.5 KW	3,9	4x1,5	14	17
34	Reserva				42
35	Ventilador estribor 9,5 KW	19	4x4	27	32
36	Compresor Nº2 7,5 KW	17,6	4x2,5	27	32
37	B. A.D. sanitaria 1,1Kw	2,8	4x1,5	14	24
38	Reserva				24
39	Separador de aceite 1,5KW	3,9	4x1,5	14	24
40	Calentador aceite 15KW	35	4x10	34	42
41	Precalent. MP Er 15.25KW.	29,5	4x6	34	42
42	Reserva				24

13.8 / SBB14

SBB15 / 15.0

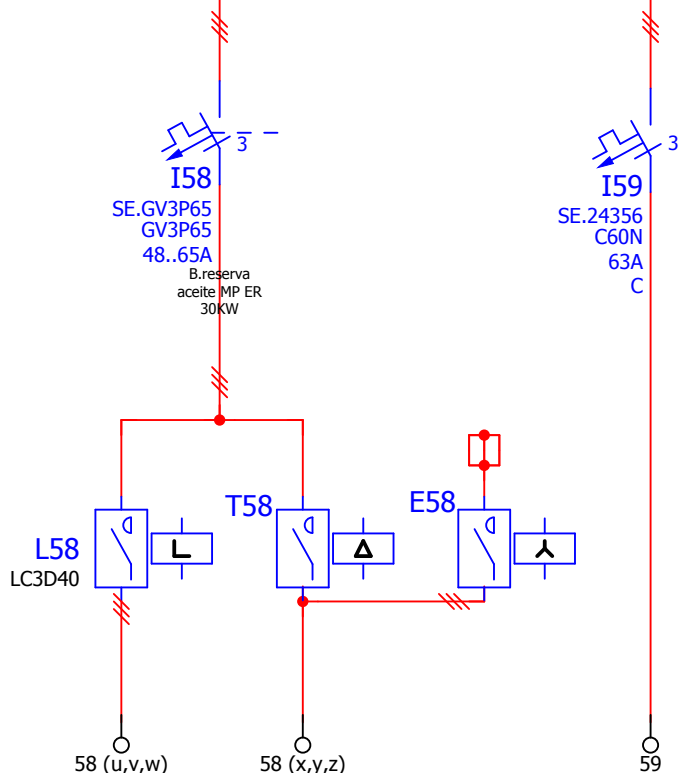


Nº Circ.	DESIGNACION/DESIGNATION	In. Circ.	Cable/Wire		
			Exterior	Interior	In
			Secc.	In. Secc.	In
43	Separadora combustible 1,5KW	3,9	4x1,5	14	24
44	B. trasiego combustible 2,2KW	4,8	4x1,5	14	17
45	B. reserva A.D. B.T. M.P Er. 18.5 KW	32,5	2(4x4)	54	45 (u,v,w)
46	B. reserva AD. AT MP ER 11KW	21	4x4	27	45 (x,y,z)
47	B. Rsva. DO M. Ppal. ER 1,5KW	3,5	4x1,5	14	32
48	B. prelubricación M. Ppal. ER 5,5KW	11	4x2,5	20	17
49	Pescante botes 6,6KW	15,9	4x4	27	24
50.1	Bomba cebado 2,2KW	4,8	4x1,5	14	24
50.2	B. servicios generales Nº2 11KW	21	2(4x2,5)	40	50-2 (u,v,w)
51	Transformador primario alumb. Nº2 20KVA	27,3	4x10	47	50-2 (x,y,z)

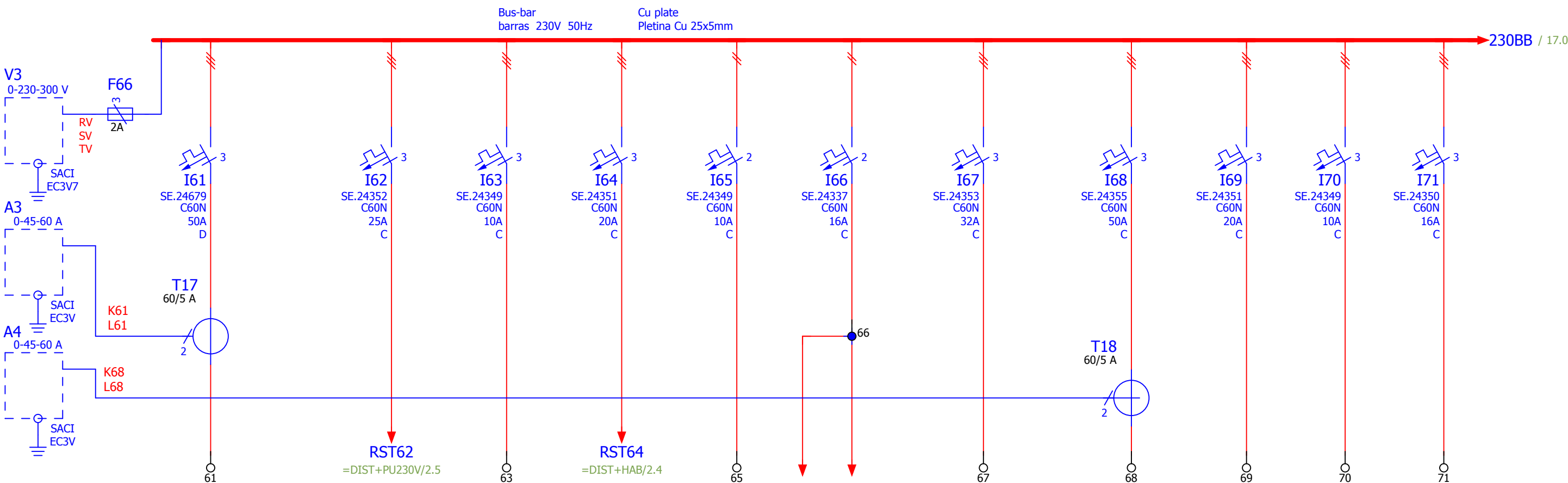
14.8 / SBB15

→

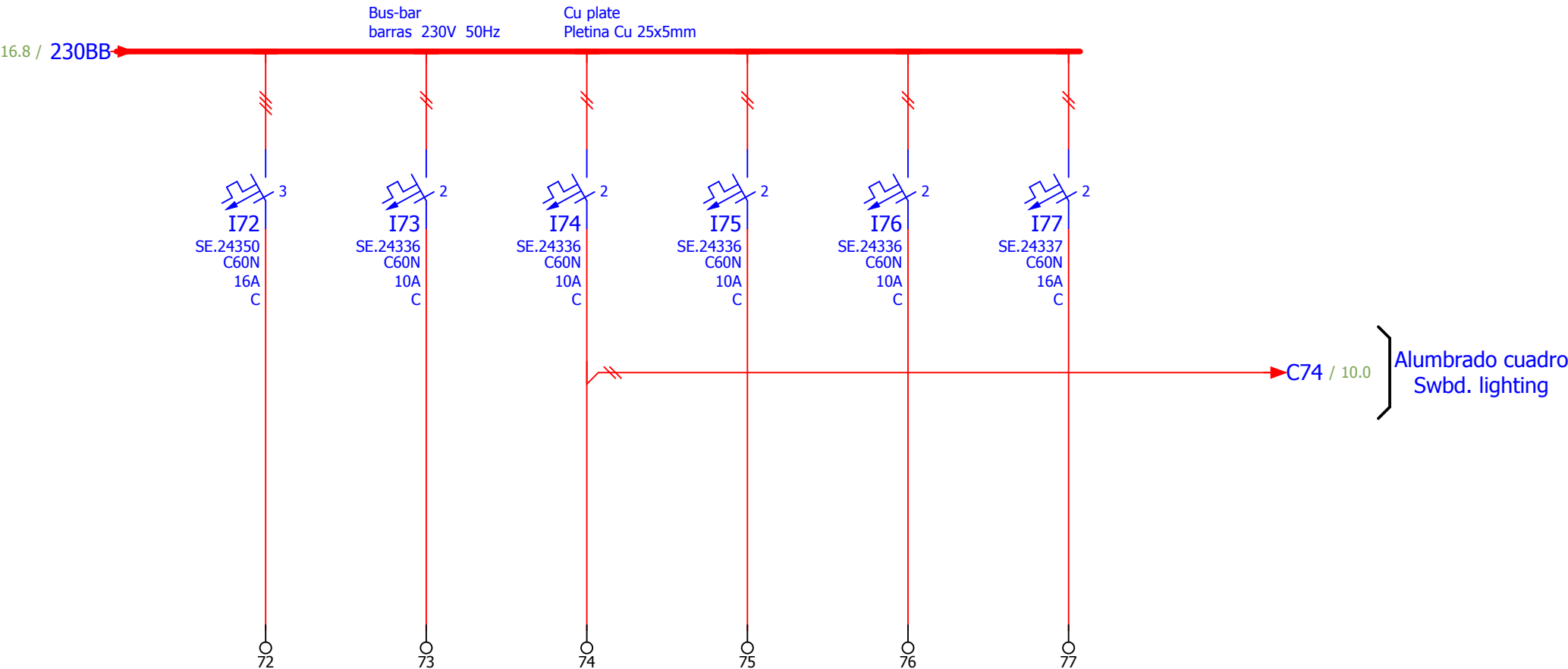
SBB18 / 18.5



Cable/Wire	Exterior	Interior	In.	DESIGNACION/DESIGNATION	Nº Circ.
			Secc.		
	In.	Secc.	In.		
				B.reserva aceite MP ER 30KW	58
				Aire Acondicionado	59



No Circ.	DESIGNACION/DESIGNATION	In. Circ.	Cable/Wire		
			Exterior	Interior	In.
61	Lighting transformer N.1 20KVA	45,18	4(1x10)	67	78
62	Bridge swbd.		4x4	27	32
63	Navigation lights swbd.		4x1,5	14	24
64	Main deck swbd.		4x4	27	32
65	Automation		3x1,5	17	24
66	Sanitary water heater	6,8	3x1,5	17	24
67	230 V sockets		4x6	32	42
68	Lighting transformer N.2 20KVA	45,18	4(1x10)	67	78
69	FI-FI monitors		4x6	34	32
70	MMEE turning gear	6,8	4x1,5	67	24
71	Spare				2,5



No Circ.	DESIGNACION/DESIGNATION	In. Circ.	Cable/Wire		
			Exterior	Interior	
			Secc. In.	In. Secc. In.	
72	C. maniobra maquinilla		3x1,5	2,5	24
73	Alumbrado taller y pañol		3x1,5	2,5	24
74	Alumbrado máquinas Br.		3x1,5	2,5	24
75	Alumbrado máquinas ER		3x1,5	2,5	24
76	Enchufes máquinas		3x1,5	2,5	24
77	Calefacción generadores		3x1,5	2,5	24

Annex 2. Fitxes tècniques

Diesel engines

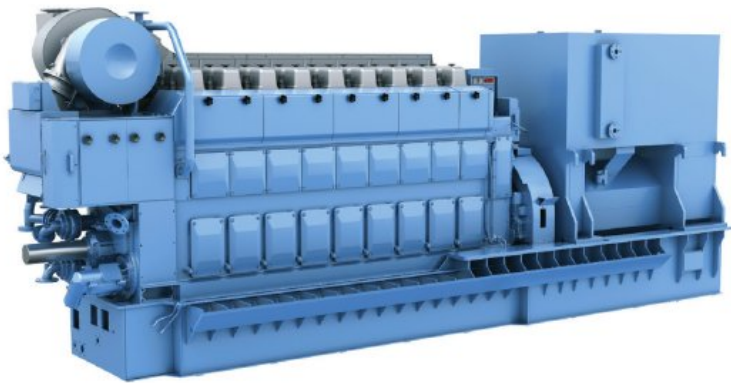
Bergen C25:33L - generating set

Features

- world leading fast load response
- extremely stabile frequency
- super silent resilient mounting
- Bergen C25:33L certified to meet IMO Tier II requirements (except Bergen C25:33L on 720/750 rpm)
- competitive fuel- and lubricating oil consumption
- no leakage of fuel to lubricating oil system
- possibility of single bearing alternator
- high power to weight ratio
- power pack unit
- proven low life cycle cost
- service friendly
- 24 / 7 support by Rolls-Royce global service network

Choose Rolls-Royce engines for cost-effective operation.

For more than sixty years of operation, we have produced four stroke medium speed engines for marine propulsion, marine generating set and power generation to customers world wide.



Technical data for the Rolls-Royce C-engine at 720 to 1000 rpm

Engine type		C25:33L6A	C25:33L8A	C25:33L9A
Number of cylinders		6	8	9
Engine speed	RPM	900/1000	900/1000	900/1000
Mean piston speed	m/sec.	10/11	10/11	10/11
Max.cont rating (MCR)	kW	1920/2000	2560/2665	2880/3000
Max.cont rating altern, (η=0.96)	kW	1843/1920	2457/2558	2764
Max.cont rating altern, (Cosφ =0.8)	kVa	2304/2400	3071/3197	3455
Mean effective pressure (BMEP)	Bar	26.4/24.7	26.4/24.7	26.4/24.7
Specific fuel consumption	g/kWh	182/185	182/185	182/185
Specific lubricating oil consumption	g/kWh	0.7	0.7	0.7
Cooling water temp. engine outlet	°C	90	90	90

Engine ratings are according to ISO 3046/1.The above figures are based on conditions of 0-45°C ambient air temperature and max. 32°C seawater temperature. Specific fuel oil consumption is based on MDO with a net calorific value of 42.7 MJ/kg and no engine driven pumps. If engine driven pumps, add 0,5% for each pump.

Heavy fuel operation

The engines are designed for operations on Heavy fuel with viscosity up to 700 cSt at 50°C ISO 8217 RMH77. Ratings will be specified subject to type of application.

Waste heat recovery

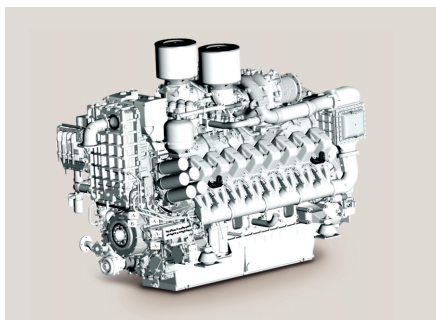
Necessary data for arranging waste heat recovery plants (exhaust gas and cooling water) are available upon request.

Note

Due to continuous development, some data may be change without notice.

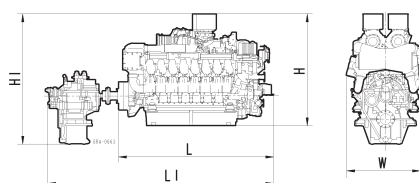
Diesel Engines 16V 4000 M63R/M63/M63L

for Vessels with Unrestricted Continuous Operation (1A)



Dimensions and Masses

16V 4000	Dimensions (LxWxH) mm (in)	Mass, dry kg (lbs)
M63R/M63/M63L	2990x1850x2070 (117.7x72.8x81.5)	8590 (18938)
16V 4000 - with standard gearbox	Dimensions (L1xWxH1) mm (in)	Mass, dry kg (lbs)
M63R/M63/M63L	4870x1850x2860 (191.7x72.8x112.5)	12375 (27282)



Typical applications: e.g. work boats, tugs, barges, ferries, governmental vessels

Engine Model	16V 4000 M63R	16V 4000 M63	16V 4000 M63L
Rated power ICFN kW (bhp)	1920 (2575)²⁾	2000 (2680)³⁾	2240 (3004)
Speed rpm	1600	1800	1800
No. of cylinders	16	16	16
Bore/stroke mm (in)	170/210 (6.7/8.3)	170/210 (6.7/8.3)	170/210 (6.7/8.3)
Displacement, total l (cu in)	76.3 (4656)	76.3 (4656)	76.3 (4656)
Flywheel housing	SAE 00	SAE 00	SAE 00
Gearbox model, standard	WAF 863	WAF 863 L	WAF 863 L
Gearbox model, alternativ	ZF 9311	ZF W7615	ZF 9350
Optimization of exhaust emissions ¹⁾	IMO II/EPA 2/EU IIIA ⁴⁾	IMO II/EPA 2/EU IIIA ⁴⁾	IMO II/EPA 2/EU IIIA ⁴⁾

¹⁾ IMO - International Maritime Organisation (MARPOL)
 EPA - US Marine Regulation 40 CFR 94
 EU - Nonroad Directive 97/68/EC

²⁾ 1840 kW with 1600 rpm available on request

³⁾ 1920 kW with 1800 rpm available on request

⁴⁾ Recognition through the RheinSchUO (CCNR)

M63 - heavy duty with high load factors up to approximately 80%



Power. Passion. Partnership.

Fuel Consumption ¹⁾		16V 4000 M63R	16V 4000 M63	16V 4000 M63L
at rated power	g/kWh	203	199	195
	l/h	468	479.5	526.3
	gal/h	123.6	126.7	139.1

¹⁾ Tolerance +5% per ISO 3046, Diesel fuel to DIN EN 590 with a min L.H.V. of 42800kJ/kg (18390 BTU/lb)

Standard Equipment	
Starting system	Electric starter motor 24V, 2 pole
Oil system	Gear driven lube oil pump, non switchable oil filter, Centrifugal oil filter, lube oil heat exchanger, pump for lube oil extraction, opened crankcase ventilation
Fuel system	Fuel conditioning system with water separator, Fuel delivery pump, duplex lube fuel filter with diverter valve, common rail fuel injection system with high-pressure pump, pressure accumulator and electronic fuel injection with cylinder cutout system, jacketed HP fuel lines, flame- proof hose lines, leak-off fuel tank level monitoring
Cooling system	Engine version for separate heat exchanger, gear driven coolant circulation pump
Combustion air system	Engine coolant temperature-controlled intercooler, turbocharging with 2 water-cooled turbochargers, on-engine seawater-resistant air filters
Exhaust system	Triple-walled, liquid-cooled, on-engine exhaust manifolds, 30° discharge elbow, exhaust bellows
Mounting system	Resilient mounts
Power transmission	Torsional resilient and off-set compensating coupling (Centa CX for D-Drive); Torsional resilient coupling with bearing housing (Centamax for T-Drive)
Auxiliary PTO	Charging generator, 120A, 28V, 2 pole
Engine management system	Engine control and monitoring system (ADEC); engine interface module - EiM, engine mounted
Engine safety system	The scope of delivery for the engine fulfils SOLAS requirements for admissible surface temperature and shielding of fuel and lube oil lines

Optional Equipment	
Starting system	Coolant preheating system; air starter
Oil system	Lube oil priming system, oil level monitoring, automatic oil replenishment system with basic scope of monitoring, switchable oil filter with extended scope of monitoring
Fuel System	Switchable pre-filter with water separator in conjunction with switchable additional secondary filter
Cooling system	Coolant-to-raw water plate core heat exchanger, self priming centrifugal raw water pump, engine mounted coolant expansion tank, gear driven coolant circulation pump, raw-water connection for gearbox cooling
Combustion air system	Intake air silencer
Exhaust system	90° discharge elbow
Auxiliary PTO	Bilgepump (as secondary coolant pump), PTOs at free end of engine
Engine management system	Expansion In compliance with extended scope of monitoring (individual exhaust temperature monitoring)
Gearbox option	Various reserve reduction gearbox models, elec. actuated, gearbox mounts, PTO for hydraulic pump at driving shaft or at mediate shaft, trolling, trailing pump, propeller shaft flange
Classification	ABS, BV, CCS, CR, DNV, GL, KR, LR, NK, RINA including necessary extensions to scope of supply

> The rated power of the stated diesel engines corresponds to ISO 3046-1:2002 (E) and ISO 15550:2002 (E).

> Intake air temperature 25°C/Sea water temperature 25°C

> Intake air depression 15 mbar/Exhaust back pressure 30 mbar

> Barometric pressure 1000 mbar

> No power reduction at 54°C/32°C (increase fuel consumption: 2%)

Specifications are subject to change without notice. All dimensions are approximate, for complete information refer to installation drawing.

For further information consult your MTU distributor/dealer.

MTU Friedrichshafen GmbH | MTU Asia Pte Ltd | MTU America Inc.

Rolls-Royce Power Systems Companies

www.mtu-online.com



MODEL: L16RE-2V
DIMENSIONS: inches (mm)
BATTERY: Flooded/wet lead-acid battery
COLOR: Maroon (case/cover)
MATERIAL: Polypropylene

PRODUCT SPECIFICATION

BCI GROUP SIZE	TYPE	CAPACITY ^A Amp-Hours (AH)								ENERGY (kWh)	VOLTAGE	DIMENSIONS ^B Inches (mm)			WEIGHT lbs. (kg)
		2-Hr Rate	5-Hr Rate	10-Hr Rate	20-Hr Rate	48-Hr Rate	72-Hr Rate	100-Hr Rate	100-Hr Rate			Length	Width	Height ^C	
		DEEP-CYCLE BATTERY													
903	L16RE-2V	722	909	1021	1110	1182	1210	1235	2.47	2	11-5/8 (295)	7 (178)	17-11/16 (450)	119 (54)	

^A. The amount of amp-hours (AH) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on nominal performance.

^B. Dimensions are based on nominal size. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal.

^C. Dimensions taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.

Trojan's battery testing procedures adhere to both BCI and IEC test standards.

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)	
	Voltage per cell
Absorption charge	2.35-2.45
Float charge	2.20
Equalize charge	2.58

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

OPERATIONAL DATA

Operating Temperature	Self Discharge	Specific Gravity
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	Up to 4% per week	The specific gravity at 100% state-of-charge is 1.260

CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

To the Voltage Reading -- Subtract 0.005 volt per cell (VPC) for every 1°C above 25°C or add 0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C.

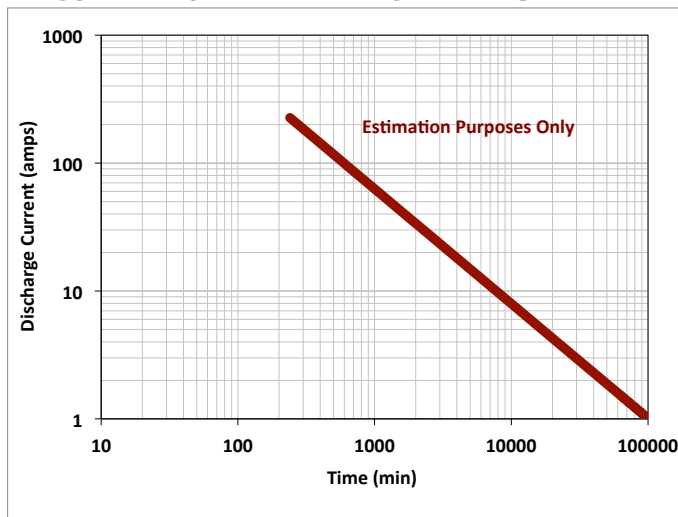
EXPECTED LIFE VS. TEMPERATURE

Chemical reactions internal to the battery are driven by voltage and temperature. The higher the battery temperature, the faster chemical reactions will occur. While higher temperatures can provide improved discharge performance the increased rate of chemical reactions will result in a corresponding loss of battery life. As a rule of thumb, for every 10°C increase in temperature the reaction rate doubles. Thus, a month of operation at 35°C is equivalent in battery life to two months at 25°C. Heat is an enemy of all lead acid batteries, FLA, GEL, and AGM alike and even small increases in temperature will have a major influence on battery life.

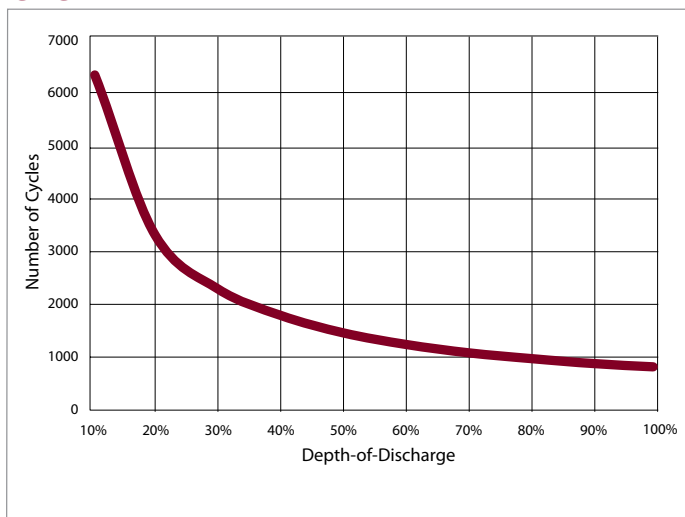
Your Local Dealer,

SunFields Europe - Santiago de Compostela, Spain - Tel: +34 981 59 58 56 - Mail: info@sfe-solar.com

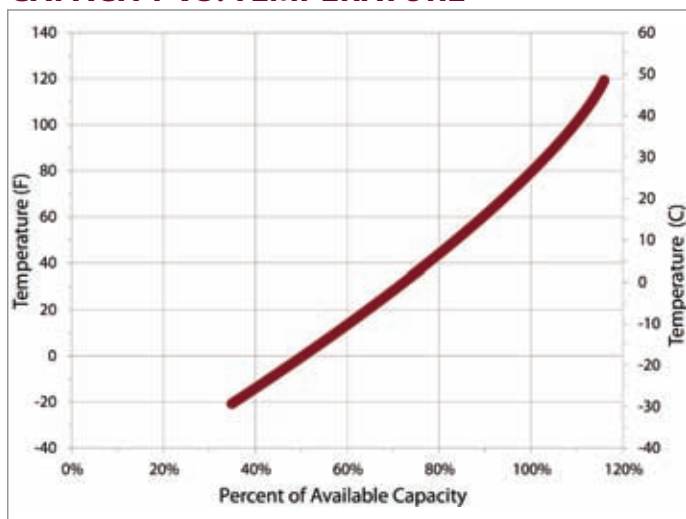
TROJAN L16RE-2V PERFORMANCE



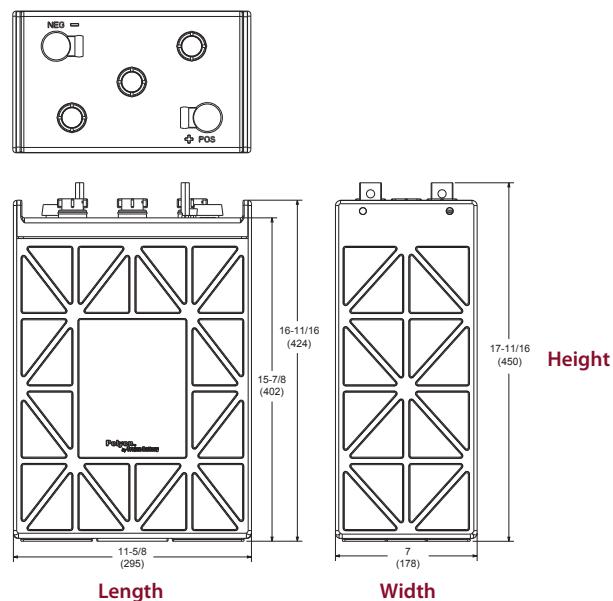
CYCLE LIFE



CAPACITY VS. TEMPERATURE



BATTERY DIMENSIONS



TERMINAL CONFIGURATIONS

5	LT	L-Terminal
		
Terminal Height Inches (mm)		
1-3/4 (43)		
Torque Values in-lb (Nm)		
100 - 120 (11 - 14)		
Through-hole Diameter (mm)		
3/8 (10)		

VENT CAP



* Polyon™ Case



Annex 3. Balanç elèctric remolcador Montbrió

Annex 3. Balanç elèctric remolcador Montbrió

	Consumidor	Unitats	Valors nominals unitaris							Potencia instal·lada		
			V (V)	I (A)	cos ρ	sin ρ	P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)	P (kW)	Q (kVar)	S (kVA)
Propulsió i sistemes auxiliars	Precalentadora motors principals	2	400	32	0,69	0,73	15,25	16,09	22,17	30,5	32,18	44,34
	Bomba reserva A.D. B.T MP	2	400	40	0,67	0,74	18,5	20,63	27,71	37	41,27	55,43
	Bomba reserva A.D. A.T MP	2	400	23	0,69	0,72	11	11,53	15,93	22	23,06	31,87
	Bomba D.O. MP Stby	2	400	4	0,54	0,84	1,5	2,33	2,77	3	4,66	5,54
	Bomba prelubrificació MP	2	400	14	0,57	0,82	5,5	7,99	9,70	11	15,98	19,40
	Bomba de cebado	2	400	6,3	0,50	0,86	2,2	3,77	4,36	4,4	7,54	8,73
	Bomba reserva MP	2	400	65	0,67	0,75	30	33,59	45,03	60	67,17	90,07
	Compressors aire arrencada	2	400	20	0,54	0,84	7,5	11,65	13,86	15	23,30	27,71
	Separador d'oli	1	400	10	0,22	0,98	1,5	6,76	6,93	1,5	6,76	6,93
	Calentador aceite	1	400	32	0,68	0,74	15	16,33	22,17	15	16,33	22,17
	Precalentador MP	2	400	32	0,69	0,73	15,25	16,09	22,17	30,5	32,18	44,34
	Separadora combustible	1	400	10	0,22	0,98	1,5	6,76	6,93	1,5	6,76	6,93
	Bomba trasiego combustible	1	400	6,3	0,50	0,86	2,2	3,77	4,36	2,2	3,77	4,36
	Bomba reserva oli MP	2	400	65	0,67	0,75	30	33,59	45,03	60	67,17	90,07
										293,6	348,14	455,42
Serveis	Planta sèptica	1	400	10	0,55	0,84	2,8	5,79	6,93	2,8	5,79	6,43
	Bomba serveis generals	2	400	23	0,50	0,87	11	13,80	15,93	22	27,60	35,30
	Separadora de sentinas	1	400	10	0,42	0,91	1,44	6,29	6,93	1,44	6,29	6,45
	Bomba achique de lodos	1	400	4	0,80	0,60	1,5	1,66	2,77	1,5	1,66	2,24
	Hidropresor	1	400	10	0,65	0,76	1,1	5,26	6,93	1,1	5,26	5,38
	Bomba A. D. sanitaria	1	400	10	0,75	0,66	1,1	4,58	6,93	1,1	4,58	4,71
	Calentadora agua sanitaria	1	230	16	0,85	0,53	5,42	3,36	6,37	5,42	3,36	6,37
	Calefacció generadors	1	230	16	0,55	0,84	3,51	5,32	6,37	3,51	5,32	6,37
										38,86	59,87	71,37
Equips de coberta	Molinet	1	400	25	0,85	0,53	7,5	9,12	17,32	7,5	9,12	11,81
	Agre	1	400	50	0,85	0,53	15,5	18,25	34,64	15,5	18,25	23,94
	Grúa coberta	1	400	40	0,85	0,53	18,5	14,60	27,71	18,5	14,60	23,57
	Vàlvules FI-FI	1	400	16	0,85	0,53	5	5,84	11,09	5	5,84	7,69
	Maquineta de remolc	2	400	20	0,85	0,53	75	7,30	13,86	150	14,60	150,71
	Compressor ampelles busseig	1	400	16	0,85	0,53	4	5,84	11,09	4	5,84	7,08
	Pescante botes	1	400	20	0,85	0,53	6,6	7,30	13,86	6,6	7,30	9,84
										207,1	75,55	220,45
Ventilació i condicionament	Ventilador càmara de màquines	2	400	21,35	0,9	0,44	9,5	6,45	14,79	19	12,90	22,96
	Aire condicionat	1	400	25,54	0,87	0,49	15,39	8,72	17,69	15,39	8,72	17,69
										34,39	21,62	40,62

	Consumidor	Unitats	Valors nominals unitaris							Potencia instal·lada		
			V (V)	I (A)	cos ρ	sin ρ	P (kW)	Q (KVar)	S (kVA)	P (kW)	Q (KVar)	S (kVA)
Habilitació	Camarots i lavabos	1	230	8,73	0,85	0,53	2,96	1,83	3,48	2,96	1,83	3,48
	Cuina elèctrica	1	230	13,45	0,85	0,53	4,55	2,82	5,36	4,55	2,82	5,36
	Menjador	1	230	7,68	0,85	0,53	2,60	1,61	3,06	2,60	1,61	3,06
	Rentadora	1	230	10,5	0,85	0,53	3,56	2,20	4,18	3,56	2,20	4,18
	Pallols	1	230	8,65	0,85	0,53	2,93	1,82	3,45	2,93	1,82	3,45
										16,60	10,29	19,52
Enllumenat	Taller i pallol	1	230	8,45	0,95	0,31	3,20	1,05	3,37	3,20	1,05	3,37
	Càmera de màquines	2	230	7,89	0,95	0,31	2,99	0,98	3,14	5,97	1,96	6,29
	Focus Pr i PP	2	230	8,15	0,95	0,31	3,08	1,01	3,25	6,17	2,03	6,49
	Focus costado	1	230	8,32	0,95	0,31	3,15	1,03	3,31	3,15	1,03	3,31
	Focus orientables	1	230	8,66	0,95	0,31	3,28	1,08	3,45	3,28	1,08	3,45
	Enllumenat exterior	1	230	8,5	0,95	0,31	3,22	1,06	3,39	3,22	1,06	3,39
	Enllumenat pont	1	230	6,25	0,95	0,31	2,37	0,78	2,49	2,37	0,78	2,49
	Enllumenat compass	1	230	4,36	0,95	0,31	1,65	0,54	1,74	1,65	0,54	1,74
	Enllumenat passadissos	1	230	3,32	0,95	0,31	1,26	0,41	1,32	1,26	0,41	1,32
	Taula	1	230	4,55	0,95	0,31	1,72	0,57	1,81	1,72	0,57	1,81
	Llum GMDSS	1	230	5,28	0,95	0,31	2,00	0,66	2,10	2,00	0,66	2,10
	Enllumenat emergència	1	230	17,42	0,95	0,31	6,59	2,17	6,94	6,59	2,17	6,94
										40,57	13,33	42,70

Annex 3. Balanç elèctric remolcador Montbrió

	Consumidor	Unitats	Valors nominals unitaris							Potencia instal·lada		
			V (V)	I (A)	cos ρ	sin ρ	P (kW)	Q (KVAR)	S (kVA)	P (kW)	Q (KVAR)	S (kVA)
Equips de control i comunicació	Monitors FI-FI	1	230	17,88	0,85	0,53	6,05	3,75	7,1	6,05	3,75	7,12
	Virador MMPP	1	230	7,89	0,85	0,53	2,67	1,66	3,1	2,67	1,66	3,14
	Control maniobra maquinilla	1	230	12	0,85	0,53	4,06	2,52	4,8	4,06	2,52	4,78
	Carregador GMDSS	1	230	5,65	0,85	0,53	1,91	1,19	2,3	1,91	1,19	2,25
	Carregador bateries pont	1	230	6,87	0,85	0,53	2,33	1,44	2,7	2,33	1,44	2,74
	Carregador bateries emergencia	1	230	3,45	0,85	0,53	1,17	0,72	1,4	1,17	0,72	1,37
	Carregador VHF	1	230	2,33	0,85	0,53	0,79	0,49	0,9	0,79	0,49	0,93
	Ordinador equip de ràdio	1	230	4,22	0,85	0,53	1,43	0,89	1,7	1,43	0,89	1,68
	Sonda	1	230	4,85	0,85	0,53	1,64	1,02	1,9	1,64	1,02	1,93
	Central d'incendis	1	230	6,73	0,85	0,53	2,28	1,41	2,7	2,28	1,41	2,68
	Limpies	1	230	2,56	0,85	0,53	0,87	0,54	1,0	0,87	0,54	1,02
	Telègrafas	1	230	4,88	0,85	0,53	1,65	1,02	1,9	1,65	1,02	1,94
	Alarma general	1	230	5,75	0,85	0,53	1,95	1,21	2,3	1,95	1,21	2,29
	Antena TV	1	230	6,89	0,85	0,53	2,33	1,45	2,7	2,33	1,45	2,74
	Compass	1	230	6,75	0,85	0,53	2,29	1,42	2,7	2,29	1,42	2,69
	AIS	1	230	7,43	0,85	0,53	2,52	1,56	3,0	2,52	1,56	2,96
	Telèfons megafonia	1	230	5,54	0,85	0,53	1,88	1,16	2,2	1,88	1,16	2,21
	Navtex	1	230	6,02	0,85	0,53	2,04	1,26	2,4	2,04	1,26	2,40
	Radar	1	230	7,93	0,85	0,53	2,69	1,66	3,2	2,69	1,66	3,16
	Control de CO ₂	1	230	6,58	0,85	0,53	2,23	1,38	2,6	2,23	1,38	2,62
	Emergencia GMDSS	1	230	10,8	0,85	0,53	3,66	2,27	4,3	3,66	2,27	4,30
	GMDSS	1	230	7,89	0,85	0,53	2,67	1,66	3,1	2,67	1,66	3,14
	GPS	1	230	5,55	0,85	0,53	1,88	1,16	2,2	1,88	1,16	2,21
	Radio	1	230	4,34	0,85	0,53	1,47	0,91	1,7	1,47	0,91	1,73
	Control llums navegació	1	230	16,89	0,85	0,53	5,72	3,54	6,7	5,72	3,54	6,73
										60,16	37,28	70,78

	Consumidor	Navegació lliure						Remolc						
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)	Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)	
	Precalentadora motors principals	2	1	2	61	64,37	88,68	1	1	1	30,5	32,18	44,34	
	Bomba reserva A.D. B.T MP	2	1	2	74	82,53	110,85	0,5	1	0,5	18,5	20,63	27,71	
	Bomba reserva A.D. A.T MP	2	1	2	44	46,12	63,74	0,5	1	0,5	11	11,53	15,93	
	Bomba D.O. MP Stby	2	1	2	6	9,32	11,09	0,5	1	0,5	1,5	2,33	2,77	
	Bomba prelubrificació MP	2	1	2	6	9,32	11,09	0,5	1	0,5	1,5	2,33	2,77	
Ventilació i Propulsió	Ventilador de màquines	2	0,8	1,6	30,81	26,08	36,74	2	0,8	1,6	30,40	20,56	36,74	
	Bombes d'alta MP	2	0,8	0,8	12,82	18,484	18,016	0,5	0,8	0,8	12,82	33,989	45,06	
auxiliars	Compressors aire arrencada	2	1	2	42,72	28,60	50,86	1	1	1	42,72	23,80	50,86	
	Separador d'oli	1	1	1	1,5	6,76	6,93	1	1	1	1,5	6,76	6,93	
Habilitació	Calentador d'aigua	1	0,5	0,5	11,48	16,923	22,747	1	0,5	0,5	11,48	16,923	22,747	
	Precalentador MP	2	0,4	0,4	16,82	64,137	88,168	1	0,4	0,4	16,82	32,118	44,134	
	Separador combustible	1	0,4	0,4	11,04	0,86	6,92	1	0,4	0,4	11,04	0,86	6,92	
	Bombes de reserva combustible	1	0,4	0,4	12,42	0,88	4,88	1	0,4	0,4	12,42	0,88	4,88	
	Bomba reserva oli MP	2	0,4	0,4	1,20	18,4734	18,0283	0,5	0,4	0,5	13,07	33,759	45,388	
		6,83						20,95						
		66,206						246,08						
		88,263						382,66						
Serveis	Plataforma	1	0,8	0,8	2,80	0,84	0,69	1	1	0,8	0,8	2,56	0,84	0,69
	Bombes de reserva generals	2	0,8	1,6	44,100	55,120	70,00	2	1	0,8	1,6	94,96	55,120	70,00
	Separador de sentinas	2	0,8	1,6	9,87	8,29	10,489	2		0,8	1,6	9,87	3,24	10,39
	Bomba d'aspiració de lodos	1	0,8	0,8	2,50	0,88	2,85	1		0,8	0,8	2,52	0,83	2,65
	Fiduciaris	1	0,8	0,8	2,60	0,86	2,38	1		0,8	0,8	2,62	0,86	2,76
	Bomba d'alta d'extinció	1	0,8	0,8	0,88	0,83	2,71	1		0,8	0,8	2,57	0,85	2,71
	Calentador d'aigua sanitària	1	0,8	0,8	4,89	0,62	5,99	1		0,8	0,8	1,89	0,62	1,99
	Calentador d'aigua	1	0,8	0,8	2,80	0,28	5,39	1		0,8	0,8	1,32	0,43	1,39
Enllumenat	Enllumenat passadissos	1	0,8	0,8	58,836	84,381	103,04	1		0,8	0,8	46,8	60,399	76,857
	Taula	1	0,8	0,8	1,38	0,45	1,45	1		0,8	0,8	1,38	0,45	1,45
	Mutinye MDSS	1	0,8	0,8	17,60	0,52	11,681	1	1	0,8	0,8	17,60	0,52	11,681
	Agilmenat emergència	1	0,8	0,8	5,52	18,725	23,594	1	1	0,8	0,8	5,52	18,725	23,594
Equips de coberta	Grúa coberta				42,17	13,86	44,38	1	1	1	42,17	13,86	44,38	
	Vàlvules FI-FI							2	1	2	300	29,20	301,42	
	Maquineta de remolc													
	Compressor ampolles busseig													
	Pescante botes													
		23						341,5						
		27,37						71,17						
		35,75						348,84						

Annex 3. Balanç elèctric remolcador Montbrió

	Consumidor	Navegació lliure						Remolc					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)	Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)
Equips de control i comunicació	Monitors FI-FI	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Virador MMPP	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99
	Control maniobra maquinilla	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Carregador GMDSS	1	0,95	0,95	1,82	1,13	2,14	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Carregador bateries pont	1	0,95	0,95	2,21	1,37	2,60	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Carregador bateries emergència	1	0,95	0,95	1,11	0,69	1,31	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Carregador VHF	1	0,95	0,95	0,75	0,46	0,88	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Ordinador equip de ràdio	1	0,95	0,95	1,36	0,84	1,60	1	0,95	0,95	1,36	0,84	1,60
	Sonda	1	0,95	0,95	1,56	0,97	1,84	1	0,95	0,95	1,56	0,97	1,84
	Central d'incendis	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Limpies	1	0,95	0,95	0,82	0,51	0,97	1	0,95	0,95	0,82	0,51	0,97
	Telègrafas	1	0,95	0,95	1,57	0,97	1,85	1	0,95	0,95	1,57	0,97	1,85
	Alarma general	1	0,95	0,95	1,85	1,15	2,18	1	0,95	0,95	1,85	1,15	2,18
	Antena TV	1	0,95	0,95	2,22	1,37	2,61	1	0,95	0,95	2,22	1,37	2,61
	Compass	1	0,95	0,95	2,17	1,35	2,55	1	0,95	0,95	2,17	1,35	2,55
	AIS	1	0,95	0,95	2,39	1,48	2,81	1	0,95	0,95	2,39	1,48	2,81
	Telèfons megafonia	1	0,95	0,95	1,78	1,10	2,10	1	0,95	0,95	1,78	1,10	2,10
	Navtex	1	0,95	0,95	1,94	1,20	2,28	1	0,95	0,95	1,94	1,20	2,28
	Radar	1	0,95	0,95	2,55	1,58	3,00	1	0,95	0,95	2,55	1,58	3,00
	Control de CO ₂	1	0,95	0,95	2,12	1,31	2,49	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Emergència GMDSS	1	0,95	0,95	3,47	2,15	4,09	1	0,95	0,95	3,47	2,15	4,09
	GMDSS	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99
	GPS	1	0,95	0,95	1,79	1,11	2,10	1	0,95	0,95	1,79	1,11	2,10
	Radio	1	0,95	0,95	1,40	0,87	1,64	1	0,95	0,95	1,40	0,87	1,64
	Control llums navegació	1	0,95	0,95	5,43	3,37	6,39	1	0,95	0,95	5,43	3,37	6,39
		45,38						37,37					
		28,12						23,16					
		53,38						43,97					

	Consumidor	Anticontaminació i contra incendis						Port					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVA)	S (kVA)	Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVA)	S (kVA)
Propulsió i sistemes auxiliars	Precalentadora motors principals	2	1	2	61	64,37	88,68	1	0,5	0,5	15,25	16,09	22,17
	Bomba reserva A.D. B.T MP	2	1	2	74	82,53	110,85	0,5	0,5	0,25	9,25	10,32	13,86
	Bomba reserva A.D. A.T MP	2	1	2	44	46,12	63,74	0,5	0,5	0,25	5,5	5,76	7,97
	Bomba D.O. MP Stby	2	1	2	6	9,32	11,09	0,5	0,5	0,25	0,75	1,17	1,39
	Bomba prelubricació MP	2	1	2	22	31,96	38,80	1	0,5	0,5	5,5	7,99	9,70
	Bomba de cebado	2	1	2	8,8	15,08	17,46	1	0,5	0,5	2,2	3,77	4,36
	Bomba reserva MP	2	1	2	120	134,34	180,13	0,5	0,5	0,25	15	16,79	22,52
	Compressors aire arrencada	2	1	2	30	46,60	55,43	1	0,5	0,5	7,5	11,65	13,86
	Separador d'oli	1	1	1	1,5	6,76	6,93	1	0,5	0,5	0,75	3,38	3,46
	Calentador aceite	1	1	1	15	16,33	22,17	1	0,5	0,5	7,5	8,16	11,09
	Precalentador MP	2	1	2	61	64,37	88,68	1	0,5	0,5	15,25	16,09	22,17
	Separadora combustible	1	1	1	1,5	6,76	6,93	1	0,5	0,5	0,75	3,38	3,46
	Bomba trasiego combustible	1	1	1	2,2	3,77	4,36	1	0,5	0,5	1,1	1,88	2,18
	Bomba reserva oli MP	2	1	2	120	134,34	180,13	0,5	0,5	0,25	15	16,79	22,52
					567	662,66	872,13				101,3	123,24	159,53
Serveis	Planta sèptica	1	1	1	2,80	5,79	6,43	1	1	1	2,80	5,79	6,43
	Bomba serveis generals	2	1	2	44,00	55,20	70,59	2	1	2	44,00	55,20	70,59
	Separadora de sentinas	1	1	1	1,44	6,29	6,45	1	1	1	1,44	6,29	6,45
	Bomba achique de lodos	1	1	1	1,50	1,66	2,24	1	1	1	1,50	1,66	2,24
	Hidropresor	1	1	1	1,10	5,26	5,38	1	1	1	1,10	5,26	5,38
	Bomba A. D. sanitaria	1	0,8	0,8	0,88	3,67	3,77	1	0,8	0,8	0,88	3,67	3,77
	Calentadora agua sanitaria	1	0,8	0,8	4,33	2,69	5,10	1	0,8	0,8	4,33	2,69	5,10
	Calefacció generadors	1	0,8	0,8	2,80	4,26	5,10	1	0,8	0,8	2,80	4,26	5,10
					58,86	84,81	103,24				58,86	84,81	103,24
Equips de coberta	Molinet							1	1	1	7,5	9,12	11,81
	Agre							1	1	1	15,5	18,25	23,94
	Grúa coberta	1	1	1	18,5	14,60	23,57	1	1	1	18,5	14,60	23,57
	Vàlvules FI-FI	1	1	1	5	5,84	7,69						
	Maquineta de remolc												
	Compressor ampolles busseig												
					23,5	20,44	31,14				41,5	41,97	59,02

Annex 3. Balanç elèctric remolcador Montbrió

Consumidor		Anticontaminació i contra incendis						Port					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)	Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)
Ventilació i condicionament	Ventilador càmara de màquines	2	0,8	1,6	30,40	20,63	36,74	2	0,8	1,6	30,40	20,63	36,74
	Aire condicionat	1	0,8	0,8	12,32	6,98	14,16	1	0,8	0,8	12,32	6,98	14,16
		42,72						42,72					
		27,61						27,61					
		50,86						50,86					
Habilitació	Camarots i lavabos	1	0,5	0,50	1,48	0,92	1,74	1	0,5	0,5	1,48	0,92	1,74
	Cuina elèctrica	1	0,4	0,40	1,82	1,13	2,14	1	0,4	0,4	1,82	1,13	2,14
	Menjador	1	0,4	0,40	1,04	0,64	1,22	1	0,4	0,4	1,04	0,64	1,22
	Rentadora	1	0,4	0,40	1,42	0,88	1,67	1	0,4	0,4	1,42	0,88	1,67
	Pallols	1	0,4	0,40	1,17	0,73	1,38	1	0,4	0,4	1,17	0,73	1,38
		6,93						6,93					
		4,30						4,30					
		8,16						8,16					
Enllumenat	Taller i pallol	1	0,8	0,8	2,56	0,84	2,69	1	0,8	0,8	2,56	0,84	2,69
	Càmara de màquines	2	0,8	1,6	9,56	3,14	10,06	2	0,8	1,6	9,56	3,14	10,06
	Focus Pr i PP	2	0,8	1,6	9,87	3,24	10,39	2	0,8	1,6	9,87	3,24	10,39
	Focus costado	1	0,8	0,8	2,52	0,83	2,65	1	0,8	0,8	2,52	0,83	2,65
	Focus orientables	1	0,8	0,8	2,62	0,86	2,76	1	0,8	0,8	2,62	0,86	2,76
	Enllumenat exterior	1	0,8	0,8	2,57	0,85	2,71	1	0,8	0,8	2,57	0,85	2,71
	Enllumenat pont	1	0,8	0,8	1,89	0,62	1,99	1	0,8	0,8	1,89	0,62	1,99
	Enllumenat compass	1	0,8	0,8	1,32	0,43	1,39	1	0,8	0,8	1,32	0,43	1,39
	Enllumenat passadissos	1	0,8	0,8	1,01	0,33	1,06	1	0,8	0,8	1,01	0,33	1,06
	Taula	1	0,8	0,8	1,38	0,45	1,45	1	0,8	0,8	1,38	0,45	1,45
	Llum GMDSS	1	0,8	0,8	1,60	0,53	1,68	1	0,8	0,8	1,60	0,53	1,68
	Enllumenat emergència	1	0,8	0,8	5,27	1,73	5,55	1	0,8	0,8	5,27	1,73	5,55
		42,17						42,17					
		13,86						13,86					
		44,38						44,38					

Consumidor		Anticontaminació i contra incendis						Port					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)	Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)
Equips de control i comunicació	Monitors FI-FI	1	0,95	0,95	5,75	3,56	6,77	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Virador MMPP	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Control maniobra maquinilla	1	0,95	0,95	3,86	2,39	4,54	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Carregador GMDSS	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	1	0,95	0,95	1,82	1,13	2,14
	Carregador bateries pont	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	1	0,95	0,95	2,21	1,37	2,60
	Carregador bateries emergencia	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	1	0,95	0,95	1,11	0,69	1,31
	Carregador VHF	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	1	0,95	0,95	0,75	0,46	0,88
	Ordinador equip de ràdio	1	0,95	0,95	1,36	0,84	1,60	1	0,95	0,95	1,36	0,84	1,60
	Sonda	1	0,95	0,95	1,56	0,97	1,84	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Central d'incendis	1	0,95	0,95	2,16	1,34	2,55	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Limpias	1	0,95	0,95	0,82	0,51	0,97	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Telègrafas	1	0,95	0,95	1,57	0,97	1,85	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Alarma general	1	0,95	0,95	1,85	1,15	2,18	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Antena TV	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Compass	1	0,95	0,95	2,17	1,35	2,55	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	AIS	1	0,95	0,95	2,39	1,48	2,81	1	0,95	0,95	2,39	1,48	2,81
	Telèfons megafonia	1	0,95	0,95	1,78	1,10	2,10	1	0,95	0,95	1,78	1,10	2,10
	Navtex	1	0,95	0,95	1,94	1,20	2,28	1	0,95	0,95	1,94	1,20	2,28
	Radar	1	0,95	0,95	2,55	1,58	3,00	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Control de CO ₂	1	0,95	0,95	2,12	1,31	2,49	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	Emergencia GMDSS	1	0,95	0,95	3,47	2,15	4,09	0	0,95	0	0,00	0,00	0,00
	GMDSS	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99
	GPS	1	0,95	0,95	1,79	1,11	2,10	1	0,95	0,95	1,79	1,11	2,10
	Radio	1	0,95	0,95	1,40	0,87	1,64	1	0,95	0,95	1,40	0,87	1,64
	Control llums navegació	1	0,95	0,95	5,43	3,37	6,39	1	0,95	0,95	5,43	3,37	6,39
					49,05	30,40	57,71				24,51	15,19	28,83

	Consumidor	Emergència					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)
Propulsió i sistemes auxiliars	Precalentadora motors principals	2	1	2	61	64,37	88,68
	Bomba reserva A.D. B.T MP	2	1	2	74	82,53	110,85
	Bomba reserva A.D. A.T MP	2	1	2	44	46,12	63,74
	Bomba D.O. MP Stby	2	1	2	6	9,32	11,09
	Bomba prelubricació MP	2	1	2	22	31,96	38,80
	Bomba de cebado	2	1	2	8,8	15,08	17,46
	Bomba reserva MP	2	1	2	120	134,34	180,13
	Compressors aire arrencada	2	1	2	30	46,60	55,43
	Separador d'oli	1	1	1	1,5	6,76	6,93
	Calentador aceite	1	1	1	15	16,33	22,17
	Precalentador MP	2	1	2	61	64,37	88,68
	Separadora combustible	1	1	1	1,5	6,76	6,93
	Bomba trasiego combustible	1	1	1	2,2	3,77	4,36
	Bomba reserva oli MP	2	1	2	120	134,34	180,13
					567	662,66	872,13
Serveis	Planta sèptica	1	1	1	2,8	5,79	6,43
	Bomba serveis generals	2	1	2	44,0	55,20	70,59
	Separadora de sentinas	1	1	1	1,4	6,29	6,45
	Bomba achique de lodos	1	1	1	1,5	1,66	2,24
	Hidropresor	1	1	1	1,1	5,26	5,38
	Bomba A. D. sanitaria	1	0,8	0,8	0,9	3,67	3,77
	Calentadora agua sanitaria	1	0,8	0,8	4,3	2,69	5,10
	Calefacció generadors	1	0,8	0,8	2,8	4,26	5,10
					58,9	84,8	103,24

	Consumidor	Emergència					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVar)	S (kVA)
Equips de coberta	Molinet	1	1	1	7,5	9,12	11,81
	Agre	1	1	1	15,5	18,25	23,94
	Grúa coberta	1	1	1	18,5	14,60	23,57
	Vàlvules FI-FI	1	1	1	5	5,84	7,69
	Maquineta de remolc	1	1	1	150	14,60	150,71
	Compressor ampolles busseig	1	1	1	4	5,84	7,08
	Pescante botes	1	1	1	6,6	7,30	9,84
					207,1	75,55	220,45
Ventilació i condicionament	Ventilador càmera de màquines	2	0,8	1,6	30,4	20,63	36,74
	Aire condicionat						
					30,4	20,63	36,74

	Consumidor	Emergència					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)
Habilitació	Camarots i lavabos	1	1	1	2,96	1,83	3,48
	Cuina elèctrica	1	1	1	4,55	2,82	5,36
	Menjador	1	1	1	2,60	1,61	3,06
	Rentadora	1	1	1	3,56	2,20	4,18
	Pallols	1	1	1	2,93	1,82	3,45
					16,60	10,29	19,52
Enllumenat	Taller i pallol	1	1	1	3,20	1,05	3,37
	Càmara de màquines	2	1	2	11,94	3,93	12,57
	Focus Pr i PP	2	1	2	12,34	4,06	12,99
	Focus costado	1	1	1	3,15	1,03	3,31
	Focus orientables	1	1	1	3,28	1,08	3,45
	Enllumenat exterior	1	1	1	3,22	1,06	3,39
	Enllumenat pont	1	1	1	2,37	0,78	2,49
	Enllumenat compass	1	1	1	1,65	0,54	1,74
	Enllumenat passadissos	1	1	1	1,26	0,41	1,32
	Taula	1	1	1	1,72	0,57	1,81
	Llum GMDSS	1	1	1	2,00	0,66	2,10
	Enllumenat emergència	1	1	1	6,59	2,17	6,94
					52,71	17,32	55,48

	Consumidor	Emergència					
		Kn	Krs	Ku	P (kW)	Q (KVAr)	S (kVA)
Equips de control i comunicació	Monitors FI-FI	1	0,95	0,95	5,75	3,56	6,77
	Virador MMPP	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99
	Control maniobra maquinilla	1	0,95	0,95	3,86	2,39	4,54
	Carregador GMDSS	1	0,95	0,95	1,82	1,13	2,14
	Carregador bateries pont	1	0,95	0,95	2,21	1,37	2,60
	Carregador bateries emergencia	1	0,95	0,95	1,11	0,69	1,31
	Carregador VHF	1	0,95	0,95	0,75	0,46	0,88
	Ordinador equip de ràdio	1	0,95	0,95	1,36	0,84	1,60
	Sonda	1	0,95	0,95	1,56	0,97	1,84
	Central d'incendis	1	0,95	0,95	2,16	1,34	2,55
	Limpies	1	0,95	0,95	0,82	0,51	0,97
	Telègrafas	1	0,95	0,95	1,57	0,97	1,85
	Alarma general	1	0,95	0,95	1,85	1,15	2,18
	Antena TV	1	0,95	0,95	2,22	1,37	2,61
	Compass	1	0,95	0,95	2,17	1,35	2,55
	AIS	1	0,95	0,95	2,39	1,48	2,81
	Telèfons megafonia	1	0,95	0,95	1,78	1,10	2,10
	Navtex	1	0,95	0,95	1,94	1,20	2,28
	Radar	1	0,95	0,95	2,55	1,58	3,00
	Control de CO ₂	1	0,95	0,95	2,12	1,31	2,49
	Emergencia GMDSS	1	0,95	0,95	3,47	2,15	4,09
	GMDSS	1	0,95	0,95	2,54	1,57	2,99
	GPS	1	0,95	0,95	1,79	1,11	2,10
	Radio	1	0,95	0,95	1,40	0,87	1,64
	Control llums navegació	1	0,95	0,95	5,43	3,37	6,39
					57,15	35,42	67,24